

# ВЕСТНИК

## БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

Научно-методический журнал  
Издается с января 2003 г.  
Периодичность издания – 4 раза в год

2023 № 2

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь журнал включен в перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по сельскохозяйственным, техническим (сельскохозяйственное машиностроение) и экономическим (агропромышленный комплекс) наукам

### СОДЕРЖАНИЕ

#### *АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА*

<b>О. А. Пашкевич.</b> Новая концепция женской занятости в сельской экономике Беларуси.....	5
<b>О. В. Лёвкина.</b> Определение рациональных объемов производства и переработки сои в Республике Беларусь.....	10
<b>Ван Сыхао.</b> Система сельскохозяйственных предприятий Китая.....	15
<b>К. В. Борель.</b> Направления трансформации производственно-сбытовой системы АПК Республики Беларусь в условиях цифровой экономики.....	19
<b>В. М. Рамазанов, Х. Ш. Велизаде, А. Н. Гахраманов, Н. Т. Имамвердиева.</b> Оценка эффективности маркетинговой деятельности в аграрной сфере.....	24
<b>Н. П. Панасюга.</b> Терминологические аспекты государственного регулирования аграрной сферы.....	27
<b>Е. Л. Путникова.</b> Бухгалтерская экспертиза: возникновение, развитие и государственное регулирование.....	31

#### *ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО*

<b>М. Н. Авраменко.</b> Комплексная оценка образцов фасоли в питомнике исходного материала.....	36
<b>А. Н. Иванистов, Ю. Л. Тибец, О.Н. Жук.</b> Эффективность регулятора роста «Поле-Агровит Р» при выращивании огурца в защищенном грунте.....	42
<b>В. Р. Кажарский, С. Н. Козлов, А. В. Исаков, Д. Н. Прокопенков, Н. А. Козлов, А. М. Карпицкий.</b> Сравнительная эффективность фунгицида Орондис ультра в борьбе с пероноспорозом лука.....	45
<b>Н. В. Дыдышко Т. В. Никонович.</b> Экономическая эффективность возделывания гибридов перца острого в защищенном грунте.....	51
<b>В. Л. Копылович, В. И. Бушуева, В. А. Радовня, Д. А. Романьков.</b> Статистическая оценка эффективности селекции сорго сахарного на устойчивость к пониженным температурам.....	55
<b>Е. Л. Ионас, И. В. Ковалёва, М. Н. Шагитова, Н. В. Барбасов.</b> Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность и качество клубней картофеля.....	60
<b>О. А. Порхунцова, В. Н. Зацепина.</b> Семенная продуктивность как фактор, определяющий потенциал урожайности семян льна масличного.....	64
<b>Ю. А. Дашкевич.</b> Оценка исходного и селекционного материала люпина на устойчивость к антракнозу.....	69
<b>Н. Ф. Надточаев, Д. Н. Володькин, Г. Н. Куркина, А. Н. Романович.</b> Влияние агротехнических приемов и химической защиты посевов от сорняков на урожайность люцерны посевной.....	74
<b>В. В. Осипова.</b> Выявление перспективных сортов рапса ярового в условиях криолитозоны.....	79
<b>Л. Я. Коношук.</b> Влияние гербицидов на сорную растительность в посевах ярового ячменя в условиях криолитозоны.....	82

<b>Н. Е. Павлов.</b> Мобилизация и сохранение генофонда растительных ресурсов Якутии.....	86
<b>А. И. Караев, В. А. Одинцова.</b> Фитомониторинговые исследования водного обмена деревьев плодовых культур в климатических условиях Южной степи.....	92
<b>В. И. Кравцов, В. А. Радовня, В. Л. Копылович, О. С. Радовня.</b> Использование провокационных фонов в селекции перекрестноопыляемых культур в Полесском институте растениеводства.....	96
<b>О. В. Мядель, С. П. Халецкий.</b> Изучение агрессивности возбудителей корневой гнили овса и их конкурентных взаимоотношений.....	101
<b>Д. В. Войтка, Е. Н. Янковская, М. В. Федорович, Л. Ф. Кабашникова.</b> Опыт применения элиситорного препарата Иммунакт-ГК, ВСК при выращивании тепличных овощных культур.....	105
<b>А. З. Большаков, И. К. Целовальников, Ф. К. Семенова.</b> Зерновое сорго как новый кормовой ресурс для КРС молочного и мясного направления в условиях планетарного потепления климата.....	109
<b>И. П. Козловская.</b> Оценка качества рассады томата при выращивании на органических субстратах.....	114
<b>А. Г. Хмарский, М. М. Добродькин, Н. Ю. Лещина, А. М. Добродькин.</b> Проявления гетерозиса и характер наследования хозяйственно ценных признаков у гибридов F <sub>1</sub> томата черри в защищенном грунте.....	118
<b>Н. Ф. Надточаев, Д. Н. Володькин, А. З. Богданов.</b> Экономическая эффективность возделывания люцерны посевной в зависимости от предшественников, обработки почвы и химической защиты посевов от сорняков.....	124
<b>Н. В. Абрамов, С. А. Семизоров, А. М. Оксукбаева.</b> Инновации основной обработки почвы в системе точного земледелия.....	129
<b>С. С. Кирилкин, Б. В. Шелюто.</b> Продуктивность бинарных травосмесей эспарцета песчаного и люцерны изменчивой со злаковыми травами.....	135

### ***МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ***

<b>Д. А. Лукьянов, А. Н. Карташевич, В. Н. Босак.</b> Перспективные направления совершенствования посева рапса.....	139
<b>В. А. Шаршунов, А. В. Евдокимов.</b> Определение энергозатрат на измельчение пророщенного зерна ржи, тритикале и пшеницы в вихревом роторном измельчителе.....	145
<b>В. С. Астахов, Г. О. Иващиков.</b> К вопросу совершенствования способов и машин для дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений.....	151
<b>А. Ф. Безручко, В. Г. Костенич, И. И. Бондаренко, В. А. Белоусов.</b> Влияние жёсткости резины на виброизоляционные свойства резинометаллических опор кабины трактора.....	156
<b>Д. А. Линник.</b> Оценка эффективности существующей системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора при выполнении полевых работ.....	161
<b>М. В. Цайц.</b> Обоснование параметров и режимов работы роторного бильно-вычесывающего устройства для обмолота льна.....	167
<b>Б. К. Калиев, Е. Б. Болат, Н. А. Камышева, С. В. Епифанова, Д. Б. Рахимова.</b> Теоретические исследования по обоснованию конструктивных параметров ротационного рабочего органа.....	173
<b>М. Е. Кипнис, Г. А. Костюкович, А. В. Попрукайло, А. С. Воронцов.</b> Опыт повышения надёжности карданных передач автомобилей МАЗ.....	178
<b>П. Ю. Малышкин, А. Н. Карташевич.</b> Оценка экологической и экономической эффективности применения газового топлива для питания дизелей.....	185

### ***МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО***

<b>И. М. Швед, Е. В. Пшибыш.</b> Использование земель сельскохозяйственными организациями и крестьянскими (фермерскими) хозяйствами в Республике Беларусь.....	190
<b>Т. А. Запрудская, С. М. Комлева, Е. В. Горбачёва.</b> Эффективность сельскохозяйственного землепользования предприятий Минской области в зависимости от наличия мелиорируемых земель.....	195

### ***ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ***

<b>М. М. Олесова, С. Р. Афанасьева.</b> Организация онлайн-обучения в условиях цифровизации учебного процесса.....	200
--	-----

### ***ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КРУГОЗОР***

<b>Э. П. Махмудова.</b> Влияние минеральных удобрений на агрегатное состояние и физические свойства горных черноземных почв агроценозов картофеля на фоне органо-минеральных компонентов.....	205
---	-----

# BULLETIN

## OF THE BELARUSSIAN STATE AGRICULTURAL ACADEMY

The guidance journal  
is published since January, 2003  
Periodicity: issued four times a year

2023 № 2

According to the order of the High Attestation Commission of the Republic of Belarus the journal has been included in the list of scientific works for publishing results of theses on agricultural, technical (agricultural machine building) and economic (agrarian economics) sciences

### CONTENTS

#### *AGRICULTURAL ECONOMICS*

<b>O. A. Pashkevich.</b> A new concept of women's employment in the rural economy of Belarus .....	5
<b>O. V. Levkina.</b> Determination of rational volume of production and processing of soybeans in the Republic of Belarus.....	10
<b>Van Sykhao.</b> The system of agricultural enterprises of China .....	15
<b>K. V. Borel.</b> Directions of transformation of the production-supply system of AIC in the Republic of Belarus in the conditions of the digital economy .....	19
<b>V. M. Ramazanov, Kh. Sh. Velizade, A. N. Gakhramanov, N. T. Imamverdieva.</b> Estimation of efficiency of marketing activity in the agrarian sphere .....	24
<b>N. P. Panasiuga.</b> Terminological aspects of state regulation of agrarian sphere.....	27
<b>E. L. Putnikova.</b> Accounting expertise: origin, development and state regulation .....	31

#### *FARMING AND PLANT-GROWING*

<b>M. N. Avramenko.</b> Complex estimation of haricot bean samples in the nursery of source material.....	36
<b>A. N. Ivanistov, Iu. L. Tibets, O. N. Zhuk.</b> Efficiency of growth regulator "Pole-Agrovit R" when growing cucumbers in the protected ground.....	42
<b>V. R. Kazharskii, S. N. Kozlov, A. V. Isakov, D. N. Prokopenkov, N. A. Kozlov, A. M. Karpitskii.</b> Comparative efficiency of fungicide Orondis Ultra in onion peronosporosis control.....	45
<b>N. V. Dydysenko, T. V. Nikonovich.</b> Economic efficiency of growing hot pepper hybrids in protected ground.	51
<b>V. L. Kopylovich, V. I. Bushueva, V. A. Radovnia, D. A. Romankov.</b> Statistical estimation of efficiency of selection of sugar sorghum according to resistibility to low temperatures .....	55
<b>E. L. Ionas, I. V. Kovaleva, M. N. Shagitova, N. V. Barbasov.</b> The influence of macro-, micro-fertilizers and growth regulators on yield and quality of potato tubers.....	60
<b>O. A. Porkhuntsova, V. N. Zatssepina.</b> Seed productivity as the factor determining oil flax seed yield potential	64
<b>Iu. A. Dashkevich.</b> Estimation of the source and selection material of lupine according to resistibility to anthracnosis.....	69
<b>N. F. Nadtochaev, D. N. Volodkin, G. N. Kurkina, A. N. Romanovich.</b> The influence of agrotechnical methods and chemical protection of crops from weeds on alfalfa productivity .....	74
<b>V. V. Osipova.</b> Identification of promising varieties of spring rapeseed in the conditions of permafrost zone ...	79

<b>L. Ia. Konoshchuk.</b> The influence of herbicides on weeds in spring barley crops in the conditions of permafrost zone .....	82
<b>N. E. Pavlov.</b> Mobilization and conservation of the gene pool of plant resources of Yakutia .....	86
<b>A. I. Karaev, V. A. Odintsova.</b> Phyto-monitoring research in water exchange of trees and fruit crops in the climatic conditions of southern steppe.....	92
<b>V. I. Kravtsov, V. A. Radovnia, V. L. Kopylovich, O. S. Radovnia.</b> The use of provocative backgrounds in the selection of cross-pollinated crops at the Polesye Institute of Plant Growing .....	96
<b>O. V. Miadel, S. P. Khaletskii.</b> Research into aggressiveness of oat root rot pathogens and their competitive relationships.....	101
<b>D. V. Voitka, E. N. Iankovskaia, M. V. Fedorovich, L. F. Kabashnikova.</b> Experience of application of elicitor preparation Immunakt-GK, WSC for greenhouse vegetable crops growing .....	105
<b>A. Z. Bolshakov, I. K. Tselovalnikov, F. K. Semenova.</b> Grain sorghum as a new fodder resource for dairy and beef cattle in the conditions of global warming .....	109
<b>I. P. Kozlovskaja.</b> Estimation of quality of tomato seedlings grown on organic substrates.....	114
<b>A. G. Khmarskii, M. M. Dobrodkin, N. Iu. Leshchina, A. M. Dobrodkin.</b> Manifestations of heterosis and the character of inheriting economically valuable traits in F <sub>1</sub> hybrids of cherry tomato in the protected ground .....	118
<b>N. F. Nadtochaev, D. N. Volodkin, A. Z. Bogdanov.</b> Economic efficiency of cultivating alfalfa depending on predecessors, tillage and chemical protection of crops from weeds .....	124
<b>N. V. Abramov, S. A. Semizorov, A. M. Oksukbaeva.</b> Innovations of the main soil treatment in the system of precise farming.....	129
<b>S. S. Kirilkin, B. V. Shelyuto.</b> Productivity of binary herb mixtures of sandy esparcet and variable flax with cereal grasses.....	135

### ***MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING***

<b>D. A. Lukianov, A. N. Kartashevich, V. N. Bosak.</b> Promising directions of rapeseed sowing improvement ...	139
<b>V. A. Sharshunov, A. V. Evdokimov.</b> Determination of energy consumption for grinding the germinated grain of rye, triticale and wheat in a vortex rotary grinder .....	145
<b>V. S. Astakhov, G. O. Ivanchikov.</b> To the question of improvement of methods and machines for differentiated application of solid mineral fertilizers.....	151
<b>A. F. Bezruchko, V. G. Kostenich, I. I. Bondarenko, V. A. Belousov.</b> The influence of rubber hardness on vibration-isolation properties of rubber-metal supports of a tractor cab.....	156
<b>D. A. Linnik.</b> Estimation of efficiency of the existing system of vibration protection of the working place of wheel tractor driver when performing field works .....	161
<b>M. V. Tsaits.</b> Justification of parameters and modes of work of rotor beat-combing device for flax threshing ..	167
<b>B. K. Kaliev, E. B. Bolat, N. A. Kamysheva, S. V. Epifanova, D. B. Rakhimova.</b> Theoretical research into the justification of constructive parameters of rotor working body .....	173
<b>M. E. Kipnis, G. A. Kostiukovich, A. V. Poprukailo, A. S. Vorontsov.</b> Experience of increasing the reliability of cardan gears of MAZ cars .....	178
<b>P. Y. Malyshkin, A. N. Kartashevich.</b> Assessment of the environmental and economic efficiency of using gas fuel to power diesel engines .....	185

### ***MELIORATION AND LAND USE PLANNING***

<b>I. M. Shved, E. V. Pshibysh.</b> The use of land by agricultural organizations and peasant (farmer) households in the Republic of Belarus .....	190
<b>T. A. Zaprudskaja, S. M. Komleva, E. V. Gorbacheva.</b> Efficiency of agricultural land usage of Minsk region enterprises depending on the presence of reclaimed lands .....	195

### ***INNOVATIVE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES***

<b>M. M. Olesova, S. R. Afanaseva.</b> Organization of online-education in the conditions of digitalization of educational process.....	200
---	-----

### ***PROFESSIONAL OUTLOOK***

<b>E. P. Makhmudova.</b> The influence of mineral fertilizers on the aggregate condition and physical properties of mountain chernozem soils of potato agrocenoses on the background of organic-mineral components.....	205
---	-----

## АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 631.158:658.3.014-055.2

### НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЖЕНСКОЙ ЗАНЯТОСТИ В СЕЛЬСКОЙ ЭКОНОМИКЕ БЕЛАРУСИ

О. А. ПАШКЕВИЧ

РНУП «Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь, 220108, e-mail: volha.pashkevich@yahoo.se

(Поступила в редакцию 07.03.2023)

*В статье подчеркнута положение женщин на рынке труда, которое определяется потребностью в работе, конкурентоспособностью женской рабочей силы, уровнем ее квалификации, способностью к перемене места работы, режима труда и отдыха, а также системой социальной защиты женщин в трудовой сфере, что в совокупности идентифицирует их место в сельской экономике. Сельская местность характеризуется особенностями протекания демографических процессов. Наряду с этим происходит технико-технологическая модернизация субъектов хозяйствования аграрной сферы, что закономерно ведет к высвобождению излишней численности работников. В этой связи сельское место жительства усиливает остроту многих насущных проблем семьи (экономических, социальных и др.). Для их решения разработана новая концепция женской занятости в сельской экономике Беларуси, которая учитывает функционирование крупнотоварного аграрного производства, развитие предпринимательства на селе, сложившиеся демографические тенденции в сельской местности (усиление миграционных потоков молодежи из сельской местности в городскую, преимущественно молодых женщин, формирование устойчивого дисбаланса в половозрастной структуре населения, структурные преобразования занятости в аграрной отрасли на основе внедрения ресурсосберегающих техники и технологий), ориентирована на активизацию женской занятости в индивидуальном и семейном предпринимательстве, ресурсные особенности регионов и возможности создания рабочих мест с позиций использования агрокультурных и агротехнических особенностей сельской местности. Практическая ее реализация внесет вклад в формирование новых моделей семейного предпринимательства и самозанятости согласно Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 г., положений Директивы Президента Республики Беларусь № 6 «О развитии села и повышении эффективности аграрной отрасли».*

**Ключевые слова:** сельская экономика, сельское хозяйство, женский труд, занятость, безработица, предпринимательство.

*The article emphasizes the position of women in the labor market, which is determined by the need for work, the competitiveness of the female labor force, the level of its qualifications, the ability to change jobs, work and rest, as well as the system of social protection of women in the labor sphere, which together identifies their place in the rural economy. The countryside is characterized by the peculiarities of the course of demographic processes. Along with this, there is a technical and technological modernization of economic entities in the agrarian sector, which naturally leads to the release of an excessive number of workers. In this regard, the rural place of residence increases the severity of many pressing problems of the family (economic, social, etc.). To solve them, a new concept of women's employment in the rural economy of Belarus has been developed, which takes into account the functioning of large-scale agricultural production, the development of entrepreneurship in the countryside, the prevailing demographic trends in rural areas (increased migration flows of young people from rural to urban areas, mainly young women, the formation of a stable imbalance in gender and age structure of the population, structural transformations of employment in the agricultural sector based on the introduction of resource-saving equipment and technologies), is focused on enhancing women's employment in individual and family businesses, the resource features of the regions and the possibility of creating jobs from the standpoint of using the agricultural and agrotechnical features of rural areas. Its practical implementation will contribute to the formation of new models of family business and self-employment in accordance with the National Strategy for Sustainable Development of the Republic of Belarus for the period up to 2035, the provisions of the Directive of the President of the Republic of Belarus No. 6 "On rural development and improving the efficiency of the agricultural sector".*

**Key words:** rural economy, agriculture, female labor, employment, unemployment, entrepreneurship.

#### Введение

Сельские территории Республики Беларусь обладают значительным ресурсным потенциалом. Однако на протяжении ряда лет сохраняется тенденция сокращения количества сельских населенных пунктов вследствие оттока населения и, особенно молодежи, в городскую местность. С целью ликвидации негативных тенденций в развитии сельской местности в республике реализуются программы развития агробизнеса. Сельское хозяйство является основной сферой занятости сельского населения, поэтому перспективы занятости в сельской местности зависят во многом от динамики и уровня эко-

номической эффективности аграрного производства. Женщины составляют весомую часть экономически активного населения, занятого как в сельском хозяйстве, а также в сфере услуг.

Сельская экономика представляет собой подсистему сельской территориальной социально-экономической системы любого иерархического уровня, которая объединяет все хозяйствующие субъекты, находящиеся в сельской местности, включая многообразие связей, возникающих между ними по поводу производства, распределения обмена и потребления произведенной продукции [1, 2].

На протяжении последних 20 лет в научной литературе актуален ряд вопросов, посвященных изучению женской занятости и особенностям трудовых отношений с ними [3–8], в том числе в отраслевом разрезе [9–11]. Актуализируются гендерные аспекты занятости и социальной защиты в контексте развития сельских территорий [12–14]. Подчеркнуты проблемы женской безработицы и необходимость выработки инструментария их решения [15]. Акцентируется роль сферы услуг и предпринимательства в обеспечении эффективной занятости женщин [16–18]. Демографические процессы, структурные изменения занятости в сельской местности, модернизация субъектов хозяйствования аграрной сферы предопределили разработку новой концепции женской занятости в сельской экономике Беларуси.

Теоретической и методологической базой исследований послужили научные труды отечественных и зарубежных авторов по вопросам женского труда и занятости, программные документы, статистические данные, экспертные оценки. В процессе исследования использовались различные методы: демографический, абстрактно-логический, обобщения и аналогий, экспертных оценок, сравнения и другие.

### **Основная часть**

Реализация гендерной политики в Республике Беларусь базируется на правовых, организационных, административных основах гендерного равенства. Принцип равноправия обеспечивается предоставлением женщинам равных с мужчинами возможностей в получении образования и профессиональной подготовки, реализации права на труд и вознаграждение за него, общественно-политической и культурной деятельности, а также специальными мерами по охране труда и здоровья женщин. В республике значительно расширены возможности самореализации женщин, обеспечено многообразие форм их участия в социально-трудовой деятельности. Принимаются действенные меры по улучшению труда сельских женщин, сокращаются должности и профессии с вредными условиями труда. На законодательном уровне дискриминационные положения в отношении женщин отсутствуют.

На решение проблем занятости в сельском хозяйстве и на сельских территориях направлено выполнение отдельных индикаторов Национальной системы показателей достижения Целей устойчивого развития (ЦУР) на период до 2030 г., в частности целей: 1 «Повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах»; 2 «Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства»; 5 «Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек»; 8 «Содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех».

В частности, согласно достижению цели 5 «Гендерное равенство» отмечается, что «В Беларуси достигнут гендерный паритет в образовании, отмечается высокий уровень участия женщин в сфере управления, происходит трансформация внутрисемейных отношений в сторону равного участия женщин и мужчин в принятии решений по вопросам распределения домашних обязанностей и воспитания детей».

Одним из эффективных инструментов достижения задач по обеспечению равных возможностей женщин и мужчин является разработка и реализация национальных планов и программ. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30 декабря 2020 г. № 793 утвержден Национальный план действий по обеспечению гендерного равенства в Республике Беларусь на 2021–2025 гг. [19], который является программным документом, предназначенным для обеспечения координации работы государственных органов и общественных организаций в области практической реализации гендерной политики. В комплексе его мероприятий предусмотрено содействие женщинам, в том числе в сельской местности, в организации предпринимательской, ремесленной деятельности, а также деятельности по оказанию услуг в сфере агроэкотуризма путем оказания консультативной, методической и правовой помощи, обучения правовым и финансовым основам предпринимательской деятельности, предоставления финансовой поддержки в виде субсидий.

Как показывает практика, в Республике Беларусь выработаны своевременные меры экономического и социального характера, упреждающие развитие негативных последствий кризисных явлений:

разработаны и реализуются стратегии занятости, системы социальной защиты и обеспечения продовольственной безопасности, которые позволяют избежать социальных потрясений, и способны оперативно и эффективно реагировать на существующие и новые проблемы в обществе. В сельской местности их реализация требует правовых, финансово-экономических и организационных мер, определяющих действия органов государственного управления и организаций местного самоуправления в сфере занятости населения с ориентацией на формирование многоукладной сельской экономики с учётом местных условий и характерных особенностей.

С другой стороны, условия модернизации ряда аграрных предприятий сопровождаются процессом оптимизации численности работников и их высвобождением, что требует активных мер социальной поддержки. Процесс высвобождения избыточной рабочей силы должен сопровождаться интенсивным развитием новых форм занятости на селе в целях избежания миграционного оттока населения из сельской местности в городскую.

Наряду с этим актуальна и следующая проблема: сельская местность теряет свой демографический потенциал, особенно из-за качественных характеристик населения. Растет диспропорция в соотношении мужчин и женщин детородного возраста, где ярко проявляется дисбаланс: в городах выше численность женщин, а в сельской местности – мужчин (табл. 1).

Таблица 1. Число женщин на 1000 мужчин соответствующей возрастной группы

Население в возрасте	Все население				Городское население				Сельское население			
	2005	2010	2015	2021	2005	2010	2015	2021	2005	2010	2015	2021
<b>Все население</b>	<b>1 142</b>	<b>1 150</b>	<b>1 150</b>	<b>1 164</b>	<b>1 146</b>	<b>1 160</b>	<b>1 167</b>	<b>1 183</b>	<b>1 134</b>	<b>1 121</b>	<b>1 095</b>	<b>1 098</b>
В том числе в возрасте, лет												
0 – 4	946	945	941	946	944	943	943	951	949	952	935	926
5 – 9	944	947	945	946	942	945	943	946	949	951	953	945
10 – 14	946	943	948	949	941	942	947	950	960	947	950	944
15 – 19	954	941	943	952	978	968	977	960	876	835	809	913
20 – 24	965	950	947	951	988	983	1001	960	879	820	638	916
25 – 29	990	975	955	1 009	1 008	999	995	1 046	924	875	772	853
30 – 34	1 027	1 009	983	1 010	1 066	1 029	1 010	1 040	914	934	858	878
35 – 39	1 041	1 053	1 023	1 034	1 106	1 092	1 044	1 064	874	936	937	902
40 – 44	1 055	1 075	1 074	1 059	1 139	1 144	1 113	1 088	839	899	953	951
45 – 49	1 094	1 096	1 106	1 109	1 183	1 184	1 175	1 154	962	870	926	972
50 – 54	1 158	1 153	1 146	1 156	1 236	1 247	1 236	1 229	941	911	913	971
55 – 59	1 216	1 249	1 227	1 210	1 255	1 329	1 328	1 305	1 110	1 030	963	981
60 – 64	1 401	1 348	1 381	1 319	1 378	1 388	1 465	1 423	1 443	1 242	1 146	1 069
65 – 69	1 611	1 625	1 537	1 531	1 585	1 596	1 574	1 636	1 650	1 682	1 433	1 260
70 и старше	2 322	2 343	2 461	2 382	2 296	2 289	2 388	2 324	2 352	2 418	2 586	2 521

Примечание. Таблица составлена автором Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Анализ динамики показателей миграции в разрезе областей республики показывает миграционную убыль (кроме Минской области). Кроме того, интенсивность миграционных потоков из сельской местности усиливается. Исследованиями установлено, что миграция, и в большей степени внутриреспубликанская, приводит к неравномерному распределению населения по территории республики. Это предопределяет формирование демографических характеристик сельского населения [20]. Во внутриреспубликанских перемещениях выше миграционная активность женщин. В большинстве сельских районов республики наблюдается миграционная убыль населения с преобладанием оттока именно женщин в молодом возрасте и с более высоким уровнем образования. Фактором, влияющим на появление таких диспропорций, являются проблемы на рынке труда в сельской местности. Ограниченные возможности трудоустройства, а также низкая заработная плата в ряде социальных отраслей инициируют молодых женщин мигрировать в районные центры и крупные города, где больше возможностей для трудоустройства. Высокая мобильность молодых женщин приводит к трансформации половозрастной структуры населения, о чем и свидетельствуют данные таблицы.

Распределение работников сельского хозяйства по полу в республике показывает, что гендерная структура рабочих мест нивелируется. Это значит, что в условиях механизации и автоматизации сельскохозяйственного труда рабочие места в отрасли становятся гендерно-нейтральными. Кроме того, принимаются действенные меры по улучшению условий труда сельских женщин, сокращаются должности и профессии с вредными условиями труда.

Оптимизация численности занятых в сельском хозяйстве соответствует мировым тенденциям. Это можно рассматривать как положительное явление в условиях развития и полноценного функционирования сферы услуг в сельской местности. В Беларуси динамика структуры занятости в сельской местности имеет положительную тенденцию: в отраслях материального производства она сокращается, а в сфере услуг – увеличивается. Расширение сферы услуг потребует, с одной стороны, увеличе-

ния государственных расходов на развитие социальных отраслей, создания инвестиционной привлекательности сельской местности – с другой.

Статистические данные свидетельствуют, что женщины численно преобладают в сфере здравоохранения и социальных услуг (83,3 %), образования (83,3 %), финансовой и страховой деятельности (77,6 %), услуг по временному проживанию и питанию (69,4 %), оптовой и розничной торговли (67,9 %). Структура профессиональной деятельности женщин воспроизводит сложившуюся в обществе систему социальных ролей. На уровне социума за женщинами закрепляются такие виды занятий, которые они традиционно выполняют в семье.

Наибольшую долю в гендерной структуре сельского населения республики в настоящее время занимают женщины – свыше 50 %. Сложившаяся же возрастная структура свидетельствует о том, что сельские женщины в трудоспособном возрасте составляют 42 %. Кроме того, анализ структуры рабочей силы по уровню образования в сельской местности свидетельствует, что имеется потенциал развития женского предпринимательства из числа безработных женщин (табл. 2).

Таблица 2. Структура рабочей силы по образованию и полу в сельских населенных пунктах, % (по итогам переписи населения Республики Беларусь 2019 года)

Уровень образования	Рабочая сила		в том числе				Уровень занятости, %		Уровень безработицы, %	
	мужчины	женщины	занятые		безработные		мужчины	женщины	мужчины	женщины
			мужчины	женщины	мужчины	женщины				
Всего	53,7	<b>46,3</b>	53,3	<b>46,7</b>	61,7	<b>38,3</b>	69,3	<b>60,4</b>	5,8	<b>4,2</b>
в том числе с послевузовским	57,3	<b>42,7</b>	57,3	<b>42,7</b>	57,1	<b>42,9</b>	86,4	<b>85,7</b>	0,6	<b>0,6</b>
высшим	43,1	<b>56,9</b>	42,7	<b>57,3</b>	54,6	<b>45,4</b>	75,1	<b>74,8</b>	4,0	<b>2,5</b>
средним специальным и профессионально-техническим	54,0	<b>46,0</b>	53,6	<b>46,4</b>	64,3	<b>35,7</b>	76,4	<b>66,8</b>	5,1	<b>3,3</b>
общим средним	58,5	<b>41,5</b>	58,4	<b>41,6</b>	59,2	<b>40,8</b>	67,1	<b>52,5</b>	6,8	<b>6,6</b>
общим базовым	64,2	<b>35,8</b>	63,4	<b>36,6</b>	72,6	<b>27,4</b>	40,0	<b>26,6</b>	10,5	<b>7,1</b>
начальным	54,0	<b>46,0</b>	54,4	<b>45,6</b>	52,7	<b>47,3</b>	18,5	<b>13,0</b>	19,6	<b>20,6</b>

Примечание: Таблица составлена автором по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Это определяет широкие возможности для расширения сферы женского предпринимательства на селе. Стимулирование данного направления будет способствовать также привлечению дополнительных человеческих ресурсов в сельскую местность, что позволит укрепить демографическую базу села. Здесь для сельских женщин открываются новые возможности применения их навыков в организации онлайн продаж, приема заказов, консультирования, проведения дегустаций, рекламы продукции местных ремесленников и т.д. [21].

Популяризация женского предпринимательства в обществе, формирование в общественном сознании положительного имиджа женского бизнеса, привлечение молодых девушек и женщин в сферу предпринимательства, создание благоприятной среды для развития деятельности женщин-предпринимателей даст возможность стимулировать развитие агроэкоусадеб, проведение этнических фестивалей, ярмарок и белорусских народных праздников, привлечет внимание к уникальным объектам, сохранит преемственность между историческим наследием и современностью, а в конечном итоге – диверсифицирует занятость и источники доходов в сельской местности. Кроме того, это внесет значительный вклад в реализацию новых моделей семейного предпринимательства и самозанятости согласно Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 г., положений Директивы Президента Республики Беларусь № 6 «О развитии села и повышении эффективности аграрной отрасли».

Активизации женского предпринимательства в сельской местности также поспособствуют проведение:

- виртуальных мастер-классов по ознакомлению с основами ведения предпринимательской деятельности (информационно-консультационная работа);
- виртуальной мастерской «Агрокультурное наследие как бренд территории»;
- фестиваля женских сельских инициатив «От идеи к воплощению»;
- интерактивной площадки с участием сельских женщин «Успешна – Я, Аграрна – Я».

### Заключение

1. В настоящее время в республике целенаправленно принимаются правовые, организационные, административные меры по обеспечению всестороннего развития женщин, повышению их социального статуса и соблюдению прав женщин наравне с мужчинами.

2. Демографическая ситуация, усиление миграционных потоков из сельской местности в городскую ориентирует на решение вопроса занятости в сельской местности и развития (диверсификации)

сельской экономики в условиях технико-технологического обновления и укрупнения сельскохозяйственных организаций.

3. Реализация новой концепции женской занятости в сельской экономике Беларуси позволит создать условия для самореализации женщин в различных сферах деятельности, поддержать инициативных женщин, желающих реализовать бизнес-проекты и проекты по развитию сельских территорий, остановить отток населения из сельских территорий. Результаты также могут быть продемонстрированы в качестве передовых практик Республики Беларусь на Евразийском женском форуме как крупнейшей авторитетной международной площадке для обсуждения роли женщин в современном обществе.

**Благодарности.** Исследование выполнено по результатам участия в работе круглого стола «Идеи и возможности предпринимательства в сельском хозяйстве. Секрет успешного бизнес-проекта» 20 декабря 2022 г. (г. Червень) и круглого стола «Женщины в бизнесе: лидерство и предпринимательство» 24 февраля 2023 г. (г. Минск).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сельская экономика [Электронный ресурс] / Справочник Автор 24. – Режим доступа: <https://spravochnick.ru/definitions/selskaya-ekonomika/>. – Дата доступа: 11.02.2023.
2. Иванов, В. А. Сельская экономика как основа жизнедеятельности села и устойчивого развития сельской местности / В. А. Иванов // Вестник КРАГСИУ. Серия «Теория и практика управления». 2018. – № 20 (25). – С. 133–144.
3. Базылева, М. Гендерные особенности при исследовании трудовых отношений / М. Базылева // Аграрная экономика. – 2007. – № 5. – С. 48–53.
4. Байдова, Н. В. Роль женщины в системе управления в России / Н. В. Байдова // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 8. – С. 96–99.
5. Блинова, Т. Отношение сельских женщин с детьми к профессиональной занятости / Т. Блинова, А. Вяльшина // Человек и труд. – 2011. – № 11. – С. 21–25.
6. Голубева, Л. Ф. Особенности женского труда в сельскохозяйственном производстве / Л. Ф. Голубева // Вестник ТГУ. – 2017. – Вып. 5(49). – С. 296–299.
7. Жарикова, М. В. Социально-экономическая дискриминация женщин в сфере трудовых отношений / М. В. Жарикова // Вестник ТГУ. – 2007. – Вып. 10. – С. 222–224.
8. Шевченко, И. О. Мотивация и ценностные ориентации работников в гендерном контексте / И. О. Шевченко // Вестник РГГУ. Серия «Философия. Социология. Искусствоведение». – 2022. – № 1. – Ч. 2. – С. 169–181. DOI: 10.28995/2073-6401-2022-1-169-1812.
9. Базылева, М. Проблемы структурных сдвигов в трудовых отношениях в контексте развития новой экономики (особенности развития сельского хозяйства) / М. Базылева // Аграрная экономика. – 2009. – № 2. – С. 53–57.
10. Величко, О. Ч. Гендерные особенности рынка труда в аграрном секторе / О. Ч. Величко // Вестник БГСХА. – 2010. – № 4. – С. 15–18.
11. Лавриновская, И. И. Трансформация занятости сельской женщины в общественном производстве в Беларуси в XX – начале XXI века / И. И. Лавриновская // Вестник ПГУ. Серия А. – 2011. – № 9. – С. 82–91.
12. Пашкевич, О. А. Гендерные аспекты занятости и социальной защиты в контексте развития сельских территорий Республики Беларусь / О. А. Пашкевич // Междунар. с.-х. журнал. – 2017. – № 2. – С. 9–11.
13. Спасенова, Г. Женщины в АПК. Стоит ли стремиться к гендерному равенству в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] / Г. Спасенова // Агроинвестор. – 2020. – 9 января. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/33033-zhenshchiny-v-apk-stoit-li-stremitsya-k-gendernomu-ravenstvu-v-selskom-khozyaystve/> – Дата доступа: 11.01.2023.
14. Тюрина, И. О. Гендерные аспекты занятости и управления / И. О. Тюрина // Социологические исследования. – 2002. – № 11. – С. 135–142.
15. Низова, Л. Особенности женской безработицы / Л. Низова, Е. Якимова // Человек и труд. – 2011. – № 3. – С. 31–32.
16. Зугумова, М. Роль сферы услуг в обеспечении занятости женщин, имеющих малолетних детей / М. Зугумова // Человек и труд. – 2010. – № 7. – С. 34–36.
17. Чефонова, Е. А. Анализ фреймов занятости женщин в системе аграрного предпринимательства / Е. А. Чефонова, А. Л. Севостьянов // Труд и социальные отношения. – 2021. – Т. 32, № 2. – С. 42–53.
18. Поплавская, А. А. Реализация достижительных мотивов мужчин и женщин на рынках труда разных стран мира / А. А. Поплавская, Н. Э. Соболева // Экономическая социология. – 2019. – Т. 20. – № 2. – С. 51–85.
19. О Национальном плане действий по обеспечению гендерного равенства в Республике Беларусь на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22000793&p1=1>. – Дата доступа: 20.01.2023.
20. Демографический и трудовой потенциал сельской местности Республики Беларусь / А. Г. Боброва, Е. А. Антипова, О. А. Пашкевич [и др.]; Нац. акад. Наук Беларуси, Ин-т экономики. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 217 с.
21. Пашкевич, О. А. Агрокультурное наследие: истоки, реалии, будущее / О. А. Пашкевич // Наука и инновации. – 2020. – № 9. – С. 37–42.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ СОИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

О. В. ЛЁВКИНА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 14.03.2023)

Одной из основных целей современной аграрной политики Республики Беларусь является повышение конкурентоспособности отечественной сельскохозяйственной продукции. Достижение этой цели во многом зависит от эффективности функционирования отрасли растениеводства и соблюдения баланса производства продовольственной и фуражной продукции. Многие ученые отмечают, что сложившаяся структура произведенной продукции растениеводства далека от оптимальной, и указывают на необходимость увеличения производства растительного белка как на кормовые, так и на продовольственные цели [6].

Исследования показывают, что одной из перспективных высокобелковых культур для Беларуси является соя. В настоящее время масштабы ее возделывания в республике незначительны: площади посевов не превышают 2,5 тыс. га, а валовой сбор соевого зерна ежегодно составляет около 2 тыс. т. При этом следует отметить высокий спрос на сою и продукты ее переработки (в 2021 году было импортировано 278,9 тыс. т соевого зерна и 422,8 тыс. т соевого шрота преимущественно из Украины и Аргентины [1]). В условиях политической нестабильности, учитывая сложившуюся географию поставок соепродуктов, необходимость развития соевосеяния для обеспечения продовольственной безопасности республики не вызывает сомнений. В этой связи автором разработана методика определения рациональных объемов производства и переработки сои в Республике Беларусь. Ее апробация позволила обосновать требуемые площади посева культуры, объемы переработки соевого зерна, оптимальные параметры импорта сои и соепродуктов, а также определить совокупный экономический эффект от повышения уровня самообеспеченности соей и соепродуктами.

**Ключевые слова:** растительный белок, соя, соевый шрот, производство, переработка, эффект, импортозамещение.

One of the main goals of the modern agrarian policy of the Republic of Belarus is to increase the competitiveness of domestic agricultural products. Achieving this goal largely depends on the efficiency of the plant growing industry and maintaining a balance in the production of food and fodder products. Many scientists note that the current structure of crop production is far from optimal, and point to the need to increase the production of vegetable protein for both fodder and food purposes.

Studies show that one of the promising high-protein crops for Belarus is soybean. At present, the scale of its cultivation in the republic is insignificant: the area under crops does not exceed 2.5 thousand hectares, and the gross harvest of soybean grain is about 2 thousand tons annually. At the same time, it should be noted that there is a high demand for soybeans and products of its processing (in 2021, 278.9 thousand tons of soy grain and 422.8 thousand tons of soybean meal were imported, mainly from Ukraine and Argentina). In conditions of political instability, taking into account the current geography of supplies of soybean products, the need to develop soybean sowing to ensure the food security of the republic is beyond doubt. In this regard, the author has developed a methodology for determining the rational volumes of soybean production and processing in the Republic of Belarus. Its approbation made it possible to substantiate the required areas for sowing crops, the volume of soybean grain processing, the optimal parameters for importing soybeans and soy products, and also to determine the cumulative economic effect of increasing the level of self-sufficiency in soy and soy products.

**Key words:** vegetable protein, soybean, soybean meal, production, processing, effect, import substitution.

### Введение

Повышение эффективности и конкурентоспособности производства аграрной продукции при сохранении продовольственной безопасности страны входит в число приоритетов государственной аграрной политики Республики Беларусь. В настоящее время существует объективная необходимость проведения исследований, направленных на поиск путей оптимизации структуры площадей посева сельскохозяйственных культур, позволяющей наилучшим образом удовлетворить потребность страны в продукции растениеводства для продовольственных целей и укрепить кормовую базу животноводства. Особую актуальность в настоящее время приобретает развитие производства импортозамещающих белковых наполнителей, используемых в составе комбикормов для сельскохозяйственных животных и птицы [3].

Одним из перспективных вариантов увеличения объемов производства высокобелковых составляющих комбикормов является расширение посевов сои и организация ее переработки в республике. Соя отличается исключительно ценным химическим составом зерна, содержащим до 45 % сбалансированного по аминокислотному составу, высокоусвояемого белка и до 25 % масла, пригодного для использования в пищевых, кормовых и технических целях [5]. Соевый шрот, получаемый при производстве соевого масла, является одним из наиболее эффективных и часто используемых белковых компонентов комбикормов. Увеличение объемов производства соевого шрота позволит сократить

зависимость белорусского животноводства от его импортных поставок и повысить эффективность производства отечественной животноводческой продукции.

### Основная часть

Для определения перспектив развития отечественного соеводства требуется решение определенных задач, среди которых первостепенными являются установление экономической целесообразности возделывания сои в условиях Беларуси, выявление благоприятных и пригодных районов республики для размещения ее посевов, оценка возможности организации переработки соевого зерна на предприятиях масложирового подкомплекса, определение потребности отечественного животноводства в сое и соепродуктах.

С целью решения поставленных задач нами разработана методика, позволяющая установить рациональные объемы производства и переработки сои в условиях Беларуси, включающая в себя совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных элементов, таких как цель, задачи, этапы, результаты (рис. 1).

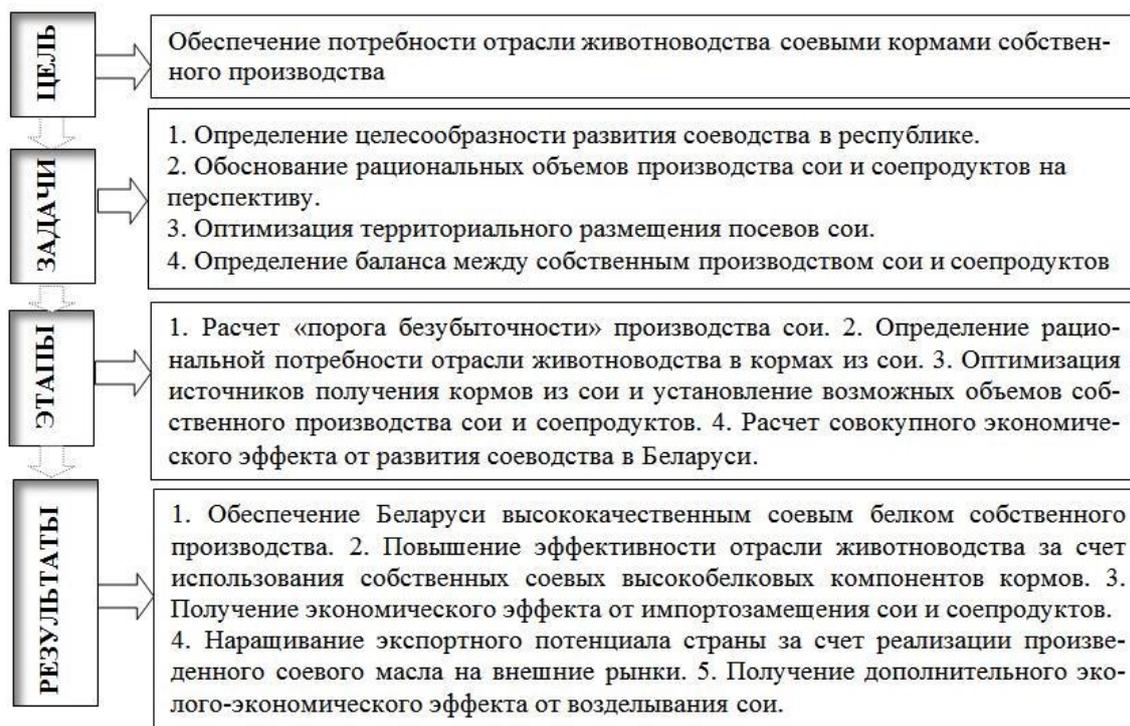


Рис. 1. Содержание методики определения рациональных объемов производства и переработки сои в Республике Беларусь

Известно, что в природно-климатических условиях Беларуси возделывание сои связано с высокими погодными рисками. В этой связи для выявления возможности и целесообразности выращивания данной культуры был рассчитан безубыточный уровень ее урожайности при условии применения разных технологий возделывания для организаций с низким, достаточным и высоким уровнем ресурсного обеспечения. Установлено, что пороговая урожайность сои колеблется в пределах от 4,7 до 7,7 ц/га, тогда как фактический ее уровень по республике ежегодно превышает полученные значения (табл. 1).

Таблица 1. Расчет уровня урожайности сои, обеспечивающего безубыточность ее производства

Показатели	Технология с прогнозной урожайностью		
	10 ц/га	15 ц/га	20 ц/га
Условно-постоянные издержки на 1 га, руб.	223,64	295,36	363,47
Условно-переменные издержки на единицу продукции, руб/ц	44,64	43,06	44,86
Цена реализации, руб/ц (на 2020 г.)	92,10	92,10	92,10
Порог безубыточности сои, ц/га	4,7	6,0	7,7

На следующем этапе предложенной методики для научного обоснования потребности отрасли животноводства в соепродуктах были составлены развернутые экономико-математические задачи оптимизации структуры комбикормов для различных половозрастных групп крупного рогатого скота, свиней и птицы, целевой функцией которых выступила минимальная стоимость 1 кг комбикорма [2].

Результаты расчетов показали, что в состав комбикормов для дойных коров, свиноматок и крупного рогатого скота мясного направления в возрасте 10–400 дней целесообразно вводить термообработанный соевый шрот.

танную сою. Использование соевого шрота является экономически обоснованным в рационах цыплят-бройлеров от 0 до 45 дней, кур-несушек, поросят в возрасте от 9 до 104 дней и высокопродуктивных коров с удоем свыше 6000 кг молока в год. Отличительной особенностью экономико-математической модели оптимизации состава комбикорма для последних является введение ограничений по балансу расщепляемого и нерасщепляемого протеина.

На основе решения указанных задач, а также установления норм суточного потребления комбикормов исследуемыми группами животных и птицы с учетом их перспективной продуктивности было установлено оптимальное потребление ими сои и соевого шрота за весь период выращивания (для цыплят-бройлеров и поросят) или за год (для кур-несушек, коров, свиноматок и молодняка КРС) (табл. 2).

Таблица 2. **Оптимальное потребление кормов из сои различными половозрастными группами сельскохозяйственных животных и птицы за весь период выращивания или за год (на 1 голову)**

Вид и половозрастная группа животных и птицы	Оптимальное содержание соепродуктов в 1 кг комбикорма, г	Потребление комбикорма за весь период откорма (или год), кг	Потребление корма из сои за весь период откорма (или год), кг
<b>Соевый шрот</b>			
Птицеводство			
Цыплята-бройлеры в возрасте 0–7 дн.	300	0,180	0,054
Цыплята-бройлеры в возрасте 8–28 дн.	300	1,840	0,552
Цыплята-бройлеры в возрасте 29–45 дн.	300	3,047	0,914
Куры-несушки	150	40,15	6,023
Свиноводство			
Поросята в возрасте 9–42 дн.	150	6,625	0,994
Поросята в возрасте 43–60 дн.	200	12,900	2,580
Поросята в возрасте 61–104 дн.	77	48,250	3,715
Молочное скотоводство			
Высокопродуктивные дойные коровы	108	2135,0	230,580
<b>Соя термообработанная</b>			
Дойные коровы	36	1128,5	40,626
КРС в возрасте 10–400 дней	200	474,5	94,900
Свиноматки	26	912,5	23,725

На третьем этапе была составлена экономико-математическая модель, позволяющая оптимизировать параметры производства продукции растениеводства, поголовье сельскохозяйственных животных, объемы производства продуктов переработки масличного сырья с учетом установленных рациональных норм их потребления сельскохозяйственными животными и птицей. Критерием оптимальности выступила максимизация суммарной прибыли от производства аграрной продукции и продуктов переработки масличного сырья (соя, рапса, подсолнечника).

Расчетные значения размеров сельскохозяйственных отраслей в Республики Беларусь, согласно полученному решению оптимизационной задачи, представлены в табл. 3.

Таблица 3. **Изменение параметров сельскохозяйственных отраслей после оптимизации**

Наименование отрасли	Фактические значения (2020 г.)	Расчетные значения	Отклонение расчета от факта, %
Зерновое производство, тыс. га	2378,5	2455,2	+3,2
Возделывание рапса, тыс. га	352,2	387,4	+10,0
Возделывание сои, тыс. га	2,4	202,2	в 84,3 раза
Производство кормовых культур, тыс. га	2477,2	2163,1	-12,7
Молочное скотоводство, тыс. гол.	1433,5	1488,1	+3,8
Выращивание и откорм КРС, тыс. гол.	2768,1	2856,3	+3,2
Свиноводство, тыс. гол.	2544,8	2672,0	+4,9
Птицеводство, тыс. гол.	48190,8	50600,3	+5,0

Вышеуказанные изменения позволят получить выручку и прибыль от реализации сельскохозяйственной продукции в размере 15781,3 и 1458,2 млн руб. соответственно, обеспечив при этом уровень рентабельности производства последней 10,2 %, что на 4,7 п. п. выше, чем в 2020 году [4].

Произведенные расчеты показали, что рациональная потребность в термообработанной сое и соевом шроте на кормовые цели к 2023 году составит 46,8 и 636,1 тыс. т соответственно. Для обеспечения необходимого объема кормов из сои целесообразно импортировать 284,4 тыс. т соевого шрота (на 25,0 меньше, чем фактически в 2020 году) и 546,7 тыс. т соевых бобов (на 9,0 % меньше уровня 2020 г.), объем отечественного производства сои для внутренней переработки должен составить 339,6 тыс. т.

Потребность в рапсовом шроте, согласно оптимальному решению, составляет 525,6 тыс. т и будет полностью удовлетворена за счет собственного производства. Валовой сбор рапса в Беларуси для загрузки производственных мощностей предприятий масложирового подкомплекса по прогнозу составит 869,7 тыс. т (на 16,1 % выше фактического в 2020 г.), объем его импорта – 197,1 тыс. т.

Кроме того, для нужд животноводства требуется 336,8 тыс. т подсолнечного шрота, весь объем этого продукта целесообразно обеспечить за счет импортных поставок.

Завершающим этапом разработанной методики определения рациональных объемов производства и переработки сои в Беларуси является расчет суммарного экономического эффекта от развития соеводства и импортозамещения соевого шрота, включающего: 1) эффект от импортозамещения сои, выраженный экономией денежных средств за счет разницы цен на отечественный и импортируемый продукт; 2) эффект от переработки сои, состоящий в создании дополнительной добавленной стоимости в результате внутренней переработки сырья; 3) пролонгированный эколого-экономический эффект от выращивания сои, обусловленный способностью культуры к фиксации атмосферного азота, благодаря которой обеспечивается экономия на приобретении азотных удобрений и затратах на их внесение под следующие за соей в севообороте культуры, а также рост их урожайности.

Согласно полученному оптимальному решению задачи, доля белорусской сои, предназначенной для внутренней переработки, в расчетном периоде составляет 40,5 %. При условии эффективного развития соевосаждения в обозримой перспективе долю отечественной сои следует довести до 90–100 %, что будет способствовать повышению уровня экономической и продовольственной безопасности страны, обеспечению стабильности внутреннего рынка масличного сырья и снижению зависимости от конъюнктурных колебаний на международных рынках.

Расчет эффекта при различных вариантах уровня самообеспеченности соей для переработки представлен в табл. 4.

Таблица 4. Суммарный экономический эффект от повышения уровня самообеспеченности соей и продуктами ее переработки, млн руб.

Показатели	Уровни самообеспеченности соей для переработки, %		
	Расчетный	50 %	75 %
Цена 1 т белорусской сои, руб.	921,0		
Цена 1 т сои, поставляемой по импорту, руб.	1020,0		
Потребность в сое для переработки, тыс. т	839,5		
Эффект от импортозамещения сои, млн руб.	33,620	41,555	62,333
Стоимость продуктов, полученных из 1 т сои, руб.	1277,2		
Объем переработки белорусской сои, тыс. т	339,6	419,75	629,625
Объем переработки импортной сои, тыс. т	499,9	419,75	209,875
Эффект от переработки сои, млн руб.	211,762	219,697	240,475
Площадь возделывания сои, тыс. га	202,2	249,9	374,8
Альтернативная стоимость минеральных и органического веществ, полученных на посевах сои, млн руб.:			
азота	4,308	5,323	7,985
фосфора	7,982	9,863	14,794
калия	4,588	5,669	8,504
органического вещества	8,110	10,022	15,032
Экологический эффект, млн руб.	24,988	30,877	46,315
Прибавка урожайности культуры, следующей за соей в севообороте, ц/га	4,0		
Цена 1 т зерна культуры, следующей за соей в севообороте (на примере фуражной пшеницы), руб.	249,98		
Эффект от прибавки урожайности культур, следующих за соей в севообороте, млн руб.	20,218	24,988	37,477
Пролонгированный эколого-экономический эффект, млн. руб.	45,206	55,865	83,792
<b>Суммарный экономический эффект, млн. руб.</b>	<b>290,588</b>	<b>317,117</b>	<b>386,600</b>

Примечание: Таблица составлена автором на основании собственных исследований (расчет в ценах 2020 г.).

В результате произведенных вычислений установлено, что при достижении расчетного уровня самообеспеченности соей для переработки на предприятиях масложирового подкомплекса Республики Беларусь суммарный экономический эффект составит 290,588 млн. руб., в том числе эффект от импортозамещения сырья – 33,620 млн руб., эффект от его переработки – 211,762 млн руб., пролонгированный эколого-экономический эффект – 45,206 млн руб.

В долгосрочной перспективе при возможности дальнейшего наращивания объемов возделывания сои и повышении доли собственного сырья до 50 % потенциальный суммарный эффект составит

317,117 млн руб., при самообеспеченности сырьем на уровне 75 % возможно получение эффекта в размере 386,600 млн руб.

### **Заключение**

Проведенные исследования показывают, что создание собственного производства сои и соепродуктов в республике является наиболее обоснованным и стратегически верным вариантом обеспечения потребности животноводства в высокобелковых кормах. Практическое применение разработанной методики определения рациональных объемов производства и переработки сои позволило установить научно обоснованную потребность в кормах из сои, оптимизировать источники их получения и рассчитать размер совокупного экономического эффекта от повышения уровня самообеспеченности ими. В результате апробации предложенной методики установлено, что потребность в термообработанной сое к 2023 году составляет 46,8 тыс. т, в соевом шроте – 636,1 тыс. т. Объем внутренней переработки сои должен составить 839,5 тыс. т, из которых 339,6 тыс. т целесообразно обеспечить за счет собственного производства.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической информации // Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by/AggregatedDb> – Дата доступа: 27.07.2020.
2. Лёвкина, О. Оптимизация параметров производства сои в Республике Беларусь / О. Лёвкина, В. Васильев // Аграр. экономика. – 2018. – № 6. – С. 46–50.
3. Лёвкина, О. В. Оценка конкурентоспособности соевого шрота при использовании его в рационах различных видов сельскохозяйственных животных и птицы / О. В. Лёвкина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – №1. – С. 28–34.
4. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. – Минск, 2021. – 178 с.
5. Шабалкин, А. В. Соя – перспективная высокорентабельная культура / А. В. Шабалкин, Е. А. Дубинкина // Сахарная свекла. – 2022. – № 1. – С. 34–37.
6. Шор, В. Ч. Расширение посевных площадей под зернобобовыми культурами – один из факторов решения проблемы дефицита кормового белка в концентрированных и зеленых кормах / В. Ч. Шор, М. Н. Крицкий, М. В. Евсеев // Земледелие и растениеводство. – 2022. – № 2. – С. 5–9.

## СИСТЕМА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КИТАЯ

### ВАН СЫХАО

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: shao.2021@mail.ru*

*(Поступила в редакцию 20.03.2023)*

*Реорганизация сельскохозяйственных предприятий в Китае происходит в результате развития аграрного бизнеса. Мелкие хозяйства постепенно преобразуются в предприятия рыночного типа. Это новый этап аграрной реформы экономической системы Китая.*

*В зависимости от размеров сельскохозяйственных производственных единиц, степени коммерциализации, отношений между владельцами, управленческим персоналом и работниками предприятий, а также устройства системы прав собственности на землю и механизма её передачи в пользование, в статье выделяются четыре типа сельскохозяйственного предпринимательства: мелкая семейная ферма, семейное арендное хозяйство, крупная семейная ферма, кооперативное предприятие.*

*Анализ данных показывает, что наиболее распространённым типом предприятий является мелкая семейная ферма, которая в строгом смысле не является предпринимательским сектором экономики.*

*Арендное хозяйство – это когда несколько семей арендуют землю и совместно работают. Продукция используется помимо удовлетворения собственных потребностей для продажи и дальнейшей переработки. Основными формами аренды земли являются: субподрядные договоры, переуступка и дарение, лизинг подрядчика первого порядка, ипотека.*

*Крупная семейная ферма в отраслевом смысле охватывает сельскохозяйственные, лесные и племенные хозяйства. Она объединяет группу сельских жителей или нескольких семей. Сельскохозяйственная продукция в основном используется для продажи или переработки. Количество её продажи или переработки значительно больше, чем у семейного арендного хозяйства.*

*В статье обосновывается вывод, что наиболее эффективной и перспективной организационной формой бизнеса в сельском хозяйстве Китая является кооперативное предприятие акционерного типа. В таком кооперативе крестьяне осуществляют совместное управление, помимо оплаты за труд в конце года ещё получают доход в зависимости от земельных и имущественных долей в общей собственности.*

*Содействие развитию крупного производства путём создания кооперативов акционерного типа и эффективной системы распределения земельных ресурсов позволит повысить экономическую эффективность сельского хозяйства Китая.*

**Ключевые слова:** *сельское хозяйство Китая, сельскохозяйственное предпринимательство, интенсификация, реформа, фермеры, кооператив, аренда.*

*The reorganization of agricultural enterprises in China occurs as a result of the development of agricultural business. Small farms are gradually being transformed into market-type enterprises. This is a new stage of agrarian reform of China's economic system.*

*Depending on the size of agricultural production units, the degree of commercialization, the relationship between owners, management personnel and employees of enterprises, as well as the structure of the system of land ownership rights and the mechanism for its transfer to use, the article distinguishes four types of agricultural entrepreneurship: small family farm, family rental economy, large family farm, cooperative enterprise.*

*Analysis of the data shows that the most common type of enterprise is the small family farm, which is not strictly an entrepreneurial sector of the economy.*

*A rental farm is when several families rent land and work together. Products are used in addition to meeting their own needs for sale and further processing. The main forms of land lease are: subcontracting agreements, assignment and donation, leasing of a first order contractor, mortgage.*

*A large family farm in the sectoral sense covers agricultural, forestry and breeding farms. It brings together a group of villagers or several families. Agricultural products are mainly used for sale or processing. The amount of its sale or processing is much greater than that of a family rental farm.*

*The article substantiates the conclusion that the most effective and promising organizational form of business in China's agriculture is a joint-stock cooperative enterprise. In such a cooperative, the peasants carry out joint management, in addition to payment for labor at the end of the year, they also receive income depending on land and property shares in common property.*

*Promoting the development of large-scale production through the creation of joint-stock cooperatives and an efficient system of land distribution will improve the economic efficiency of China's agriculture.*

**Key words:** *Chinese agriculture, agricultural entrepreneurship, intensification, reform, farmers, cooperative, rent.*

### **Введение**

В настоящее время аграрный сектор Китайской экономики характеризуется функционированием множества мелких семейных хозяйств, что не позволяет применять высокопроизводительную технику и современные технологии. Основной проблемой нынешнего сельского хозяйства Китая является чрезмерная фрагментация аграрного сектора экономики, что тормозит рост его эффективности. На основе достигнутого уровня сельской производительности и экономического развития необходимо развивать предпринимательство в различных её формах, реорганизовать существующую систему сельскохозяйственных предприятий.

Исследованиям путей дальнейшего реформирования сельского хозяйства Китая посвящены работы Ли Цзэн, Чжао Цинн, Фань Лили, Гэ Шэньлунь, Чжан Чжунбо, Цао Хайлун, Лю Минго, Хоу Либай, У Цюнган и других учёных.

Целью данной работы является анализ существующих организационных форм хозяйствования и обоснование направлений развития предприятий и предпринимательства в аграрной сфере Китая.

### **Основная часть**

Реорганизация сельскохозяйственных предприятий происходит в результате развития предпринимательства как процесса перевода аграрного производства в сферу бизнеса. Происходит постепенная трансформация семейных натуральных хозяйств в фермерские – предприятия рыночного типа, что позволяет повысить уровень сельскохозяйственного производства, увеличить доходы фермеров и сельских жителей. Это также процесс преобразования сельского хозяйства в интенсивный способ производства, который является регионализированным, стандартизированным, специализированным и эффективным в рыночных условиях [1].

Цель развития сельскохозяйственного предпринимательства заключается в создании крупнотоварного сельскохозяйственного производства, которое более эффективно. Речь идёт не о ликвидации семейных хозяйств, не о том, чтобы крестьяне отказались от своей земли и превратились в безземельных сельскохозяйственных рабочих, а о их трансформации. Мелкие хозяйства постепенно преобразуются в «сельскохозяйственные производственные мастерские» и «торговые единицы» в рамках корпоративной системы, которые специализируются на производстве или торговле, имеют независимую бухгалтерию, а целью их деятельности является извлечение прибыли [1]. Это ещё одна институциональная инновация после реформы 1978 г. сельской экономической системы Китая.

Обобщение публикаций китайских учёных, исходя из размеров сельскохозяйственных производственных единиц, степени коммерциализации, отношений между владельцами, управленческим персоналом и работниками предприятий, а также устройства системы прав собственности на землю и механизма её передачи в пользование, позволяет выделить следующие четыре типа сельскохозяйственного предпринимательства: мелкая семейная ферма, семейное арендное хозяйство, крупная семейная ферма, кооперативное предприятие (таблица).

**Количество различных видов сельскохозяйственных предприятий в Китае (2021 г.)**

	Мелкая семейная ферма	Семейное арендное хозяйство	Крупная семейная ферма	Кооперативное предприятие
Количество хозяйств	203 млн.	2,22 млн.	3,9 млн.	0,09млн.
Процент от общего объёма	97%	1,06%	1,9%	0.04%

Примечание: Источник [2, 3].

1. Мелкая семейная ферма. Этот тип основан на существующем бизнесе одной семьи, которая непосредственно обрабатывает небольшой участок земли, полученный по договору от коллективной хозяйственной организации; продукция в основном используется для самообеспечения, за исключением оплаты различных сборов. В строгом смысле, этот тип не является предпринимательским сектором экономики, но он в настоящее время наиболее распространён в Китае [4].

2. Семейное арендное хозяйство представляет собой одну или несколько семей, продукция которой в основном используется для продажи и дальнейшей переработки (помимо удовлетворения собственных потребностей). Основными формами аренды земли являются: субподрядные договоры, переуступка и дарение, лизинг подрядчика первого порядка, ипотека.

А. Субподрядные договоры. Подрядчик первого порядка передаёт землю, которую он законтрактовал у коллективной хозяйственной организации, в субподряд подрядчику второго порядка. Подрядчик второго порядка платит сельскохозяйственный налог государству и арендную плату подрядчику первого порядка за субподряд в соответствии с договором. В настоящее время это распространённая форма субподряда в сельской местности. [5].

Б. Переуступка и дарение. Переуступка – это передача права пользования землей от подрядчика к получателю за единовременную плату. После того, как передача состоялась, между передающей стороной и получателем не возникает никаких отношений в результате передачи, что является явным отличием от субподряда. Дарение – это безвозмездная передача права на эксплуатацию земли, что характерно в основном между родственниками.

В. Лизинг подрядчика первого порядка. Первоначальный подрядчик сдаёт свои права на землепользование в лизинг другим подрядчикам за определённую сумму денег, а те подрядчики передают землю в пользование субподрядчику второго порядка. Обычно это происходит там, где земля хорошего качества.

Д. Ипотека. В настоящее время ипотека прав пользования сельскими землями ограничена соответствующими законами, но возможны два вида случаев: первый – это «пять пустошей» (бесплодные земли, холмы, пригорки, канавы, пляжи), заложенные залогодателем в соответствии с законом и согласованные эмитентом для ипотеки; второй – ипотека зданий, таких как заводы сельских (поселковых) предприятий, и права землепользования закладываются вместе, но права землепользования не могут быть заложены отдельно [6].

Общей чертой вышеперечисленных способов аренды земли является то, что они не затрагивают микрокорректировку земельных отношений на основе существующего договора в контексте государственной и коллективной собственности на землю. В некоторых менее экономически развитых регионах и сёлах, где основная сельская рабочая сила постоянно находится в разъездах, такая модель семейной аренды является обычной.

3. Крупная семейная ферма. В отраслевом смысле имеются в виду сельскохозяйственные, лесные и племенные фермы. Это может быть одна семья, объединение нескольких семей или группа сельских жителей. Сельскохозяйственная продукция в основном используется для продажи или переработки. Количество её продажи или переработки больше, чем у семейного арендного хозяйства [7]. Их целесообразно разделить на две категории: семейные фермы, работающие по двухпольной системе, и семейные фермы, работающие по однопольной системе.

(1) Семейные фермы, работающие по двухпольной системе. Под этой моделью понимается, что коллективная земля делится на поля рациона и поля ответственности на основе коллективной собственности и управления по семейному подряду. Однако, по мнению Цао Хайлун, «два поля» относятся как к пайковым, так и к непайковым полям. Паевые поля обеспечивают крестьянам достаточное количество пищи и распределяются на подушевой основе, при этом на них ложится только сельскохозяйственный налог. Непаевые поля могут быть договорными, арендными или аукционными, при этом фермер, управляющий непаевым полем, оплачивает полностью договорные платежи. Масштабы деятельности этой категории семейных ферм относятся к высококоммерческому типу. Его области распространения: во-первых, когда имеется небольшое количество людей, а земли достаточно; во-вторых, в районах с высокой сравнительной эффективностью; в-третьих, в регионах с сильной экономикой, которая слабо зависима от земельных участков.

(2) Семейные фермы, работающие по однопольной системе. Так называемая система одного поля относится только к договорной земле. Сельский коллектив забирает всю землю, т.е. берёт её во вторичную аренду, чтобы централизовать землю в руках сельского коллектива, а затем делит всю землю на несколько частей, каждая из которых передаётся отдельным крестьянам-фермерам. В некоторых деревнях, в которых крестьяне-фермеры уехали на заработки, большая часть земли была возвращена в деревню. В последующем сельский коллектив заключает контракты с другими фермерами, которые умеют хорошо работать. Основываясь на маркетинговых исследованиях, деревня продает сельскохозяйственную продукцию на рынке под именем деревенской фермы. Подрядчик получает плановую заработную плату (основную) и сверхнормативную заработную плату (премию).

4. Кооперативные предприятия в Китае разграничиваются на два типа: кооперативы с долевым участием и кооперативы, в которых доля участников не определена [8].

Тип кооператива с долевым участием – это сотрудничество в рамках коллективной экономической организации. Коллективная хозяйственная организация измеряет и оценивает всю свою землю, делит на доли на душу населения. Крестьяне образуют кооператив, аналогичный акционерному обществу (на основе земельных долей и своего имущества), и осуществляют совместное производство и управление хозяйством. Фермеры могут участвовать или не участвовать в определённых видах производственной деятельности. Сущность этой модели заключается в том, что земля была разделена на доли, на которые выданы акции. Кооператоры имеют акции, на которые они получают дивиденды. Таким образом, независимо от того, занимается ли фермер сельским хозяйством или нет, какова стоимость земли в будущем, он не потеряет выгоды от земли в случае долевого владения, тем самым снимает беспокойство о постоянной передаче земли. Сельскохозяйственная продукция в этом случае по-прежнему будет частично использоваться для удовлетворения продовольственного рациона людей, а частично для дальнейшей переработки и поставки на рынок. В основном этот тип кооператива распространён в экономически развитых прибрежных районах и пригородных зонах Китая.

Кооперативы, в которых доля участников не определена, характерны для растениеводческих и животноводческих предприятий на мелиорированных землях. Ещё в начале XX века в Китае появились компании такого типа. В то время их называли новым типом капиталистического сельскохозяйственного предприятия, но позже он превратился в экономическую организацию, основанную на купле-

продаже земли и аренде. Это вид сельскохозяйственного предприятия, основанный на освоении резервных ресурсов земли, таких как бесплодные холмы и пустоши [9].

### **Заключение**

Большое практическое и теоретическое значение имеет продвижение инноваций в методах сельскохозяйственного производства и организационных системах, создание крупномасштабного сельского хозяйства.

Сельскохозяйственное предпринимательство может решить проблему нерационального использования ресурсов, обусловленную разрозненным и беспорядочным землепользованием, повысить продуктивность земли и других факторов производства, а также увеличить экономическую эффективность сельского хозяйства.

В Китае выделяются четыре модели сельскохозяйственного предпринимательства: мелкая семейная ферма, семейное арендное хозяйство, крупная семейная ферма, кооперативное предприятие арендного типа. Наиболее распространённой моделью является мелкая семейная ферма, но наиболее эффективной и перспективной – кооперативное предприятие акционерного типа. Крестьяне образуют кооператив, аналогичный акционерному обществу (на основе земельных долей и своего имущества) и осуществляют совместное производство и управление.

Содействие развитию крупного производства путём создания кооперативов и эффективной системы распределения земельных ресурсов, а также совершенствования управления позволит повысить экономическую эффективность сельского хозяйства и добиться развития сельской экономики Китая.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. 李尧, 赵晴. 农业企业人力资源管理存在问题及解决策略[J]. 经济, 2017(2): 92-93. (Ли Цзэн, Чжао Цин. Проблемы и решения управления человеческими ресурсами в сельскохозяйственных предприятиях стратегии / Ли Цзэн, Чжао Цин // Экономика. – № 2. – 2017. – С. 92–93).
2. В 2021 году посевные площади зерновых увеличатся до 1,764 млрд му, а количество семейных ферм достигнет 3,9 млн. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.gov.cn/xinwen/2022-01/21/content\\_5669637.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2022-01/21/content_5669637.htm) – Дата доступа: 18.03.2023.
3. 2021 Аналитический отчёт о развитии новых сельскохозяйственных операторов в Китае (II). [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://nynsj.wuhan.gov.cn/xwzx\\_25/xxlb/202112/t20211220\\_1876468.html](http://nynsj.wuhan.gov.cn/xwzx_25/xxlb/202112/t20211220_1876468.html) – Дата доступа: 18.03.2023.
4. 范莉莉, 葛圣伦. 家庭农场的发展与农业企业化[J]. 农业现代化研究, 2015(4): 49–51. (Фань Лили, Гэ Шэньлунь. Развитие семейных ферм и агробизнеса / Фань Лили, Гэ Шэньлунь // Журнал Второго нормального колледжа Хубэя. – № 4. – 2015. – С. 49–51).
5. 张忠波. 农业企业化是中国农业现代化的必由之路[J]. 农业现代化研究, 2013(1): 28–29. (Чжан Чжунбо. Сельскохозяйственное предпринимательство – единственный путь к модернизации сельского хозяйства Китая / Чжан Чжунбо // Экономическая теория. – № 1. – 2013. – С. 28–29).
6. 曹海龙. 关于我国实施农业企业化的探讨[J]. 经济纵横, 2017(6): 107–108. (Цао Хайлун. Обсуждение внедрения агробизнеса в Китае / Цао Хайлун // Экономика. – № 6. – 2017. – С. 107–108).
7. 刘明国. 现代农业模式的分类与比较[J]. 农业经济, 2011(9): 26–28. (Лю Минго. Классификация и сравнение современных сельскохозяйственных моделей / Лю Минго // Экономика сельского хозяйства. – № 9. – 2011. – С. 26–28).
8. 侯立白. 现代农业发展的理论体系综述[J]. 产业观察, 2011(8): 47–49. (Хоу Либай. Обзор теоретической системы современного сельскохозяйственного развития / Хоу Либай // Промышленное наблюдение. – № 8. – 2011. – С. 47–49).
9. 吴群刚. 农业企业化: 中国农村现代化的重要途径[J]. 国情报告, 2000(3): 378–380. (У Цюнган. Сельскохозяйственное предпринимательство: важный подход к модернизации китайских деревень / У Цюнган // Доклад о положении дел в стране. – № 3. – 2000. – С. 378–380).

## НАПРАВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВОЙ СИСТЕМЫ АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

К. В. БОРЕЛЬ

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

*(Поступила в редакцию 12.04.2023)*

*Цифровая экономика определяет вектор развития национальной экономики Республики Беларусь, а также необходимость появления новых рынков сбыта товаров.*

*В статье разработан комплекс направлений трансформации производственно-сбытовой системы агропромышленного комплекса, включающий механизм совершенствования процесса производства и сбыта аграрной продукции, формирование цифровой инфраструктуры, расширение каналов реализации за счет применения цифровых технологий. Предложенный механизм представляет собой совокупность целей, принципов, направлений трансформации взаимодействия организаций, занятых производством, переработкой, хранением, реализацией продукции, в том числе за счет применения цифровых инструментов. Систематизация изученных теоретических подходов позволила обосновать основные составляющие формирования цифровой производственно-сбытовой системы агропромышленного комплекса, отражающие ключевые аспекты внедрения цифровых технологий в ее подсистемы.*

*В ходе проведенных исследований нами разработана система каналов сбыта продукции агропромышленного комплекса в рамках цифровой производственно-сбытовой системы, базирующаяся на формировании новых цепочек поставок, развитии цифровых и аналитических платформ, изменении моделей торговли, научная новизна которой состоит в трансформации внутренних взаимосвязей между субъектами производственно-сбытовой системы агропромышленного комплекса и диверсификации используемых каналов распределения продукции за счет электронных торговых площадок, оптово-распределительных центров, продовольственных маркетплейсов. Предлагаемый комплекс направлений трансформации производственно-сбытовой системы агропромышленного комплекса Республики Беларусь в условиях цифровой экономики формирует принципиально новую систему организации производства и управления сбытом продукции, обеспечивая ее конкурентоспособность, а также конкурентные преимущества субъектам системы агропромышленного комплекса как на внутреннем, так и внешнем рынке, что обеспечит повышение конкурентоспособности и финансовой устойчивости субъектов на всех этапах производственно-сбытовой цепочки.*

**Ключевые слова:** *производственно-сбытовая система, агропромышленный комплекс, цифровая экономика, цифровая инфраструктура, канал сбыта, эффективность.*

*The digital economy determines the vector of development of the national economy of the Republic of Belarus, as well as the need for the emergence of new markets for goods.*

*The article developed a set of directions for the transformation of the production and marketing system of the agro-industrial complex, including a mechanism for improving the process of production and marketing of agricultural products, the formation of a digital infrastructure, and the expansion of sales channels through the use of digital technologies. The proposed mechanism is a set of goals, principles, directions for transforming the interaction of organizations involved in the production, processing, storage, sale of products, including through the use of digital tools. The systematization of the studied theoretical approaches made it possible to substantiate the main components of the formation of a digital production and marketing system of the agro-industrial complex, reflecting the key aspects of the introduction of digital technologies into its subsystems.*

*In the course of the research, we have developed a system of marketing channels for agricultural products within the digital value chain, based on the formation of new supply chains, the development of digital and analytical platforms, changing trade models. Its scientific novelty lies in the transformation of internal relationships between the subjects of the value chain system of the agro-industrial complex and diversification of the channels used for product distribution through electronic trading platforms, wholesale distribution centers, food marketplaces. The proposed set of directions for transforming the production and marketing system of the agro-industrial complex of the Republic of Belarus in the conditions of the digital economy forms a fundamentally new system for organizing production and managing the marketing of products, ensuring its competitiveness, as well as competitive advantages for the subjects of the agro-industrial complex system both in the domestic and foreign markets. This will ensure an increase in the competitiveness and financial stability of entities at all stages of the value chain.*

**Key words:** *value chain, agro-industrial complex, digital economy, digital infrastructure, distribution channel, efficiency.*

### Введение

Наблюдаемое в последнее десятилетие развитие рыночных институтов и цифровых технологий привели к актуализации вопроса и соответствующей трансформации производственно-сбытовой системы (ПСС). Эти положения нашли свое отражение в принятом комплексе нормативно-правовых документов на национальном и межгосударственном уровнях [1–3].

Выполненный нами обзор литературных источников показал, что на современном этапе ПСС утвердилась как одна из основных парадигм теории и практики развития продовольственной системы, в основе которой лежат фундаментальные концепции сравнительного преимущества и специализации производства. Вместе с тем по мере внедрения инструментов управления процессами цифровизации возникает необходимость совершенствования ПСС АПК Республики Беларусь на основе науч-

но обоснованных подходов выстраивания новых конфигураций, что и определяет актуальность данного исследования.

Исходя из этого, цель статьи заключается в разработке и обосновании направлений трансформации ПСС в условиях развития цифровых технологий и их использования в АПК Республики Беларусь.

### **Основная часть**

Научное исследование базируется на трудах зарубежных и отечественных ученых в области аграрного бизнеса, экономики и организации АПК. В ходе исследований применялись методы: монографический, системного и сравнительного анализ, экспертных оценок.

Современный этап развития рыночных структур базируется на принципиально новых подходах и разработках в области информационных и цифровых технологий. Последние выступают одним из главных двигателей экономического роста и способствуют повышению конкурентоспособности национальной экономики, созданию рыночных возможностей для отдельных видов деятельности по вхождению в глобальные и региональные цепочки создания стоимости.

В настоящее время теоретические и практические аспекты внедрения цифровых технологий в АПК изложены в научных работах белорусских и зарубежных авторов [4–11] и др. Представленные исследования в большинстве своем имеют теоретический характер и отражают специфику использования различных цифровых инструментов в отдельных производственных и управленческих областях. Кроме того, лишь некоторые авторы рассматривают процесс цифровизации комплексно и предлагают широкомасштабные программы внедрения соответствующих технологий в отдельные сферы АПК [4, 8, 6, 11].

Изучение научных трудов Н. Л. Балича [8], В. И. Бельского [4], Ю. Ю. Новиковой [6], М. А. Жуковой [11] показало, что по своей сущности цифровизация ПСС АПК является специфической формой информатизации, которая определяет цифровой потенциал агропромышленного производства. Вместе с тем отечественный АПК остается одной из самых технологически консервативных видов экономической деятельности.

В этой связи нами разработан комплекс направлений трансформации ПСС в АПК Республики Беларусь, включающий:

1) механизм совершенствования ПСС АПК, представляющий собой совокупность основных элементов (объекты, субъекты, условия, факторы), целей, принципов и направлений расширения экономического взаимодействия организаций, занятым производством, переработкой, хранением, реализацией продукции, в том числе за счет применения цифровых технологий (рис. 1);

2) формирование цифровой ПСС по определенным сферам: материально-техническое снабжение; производство; сбыт; цифровая инфраструктура;

3) расширение каналов реализации, где особую роль должны занимать электронные торговые площадки, а также оптово-распределительные (ОРЦ) и логистические центры, формирующие новые цифровые цепочки поставок за счет наличия соответствующих ресурсов и инфраструктуры.

Предложенный механизм предусматривает совершенствование нормативно-правовой базы, которая должна быть направлена на создание благоприятных условий по активному внедрению цифровых технологий в практическую деятельность непосредственно субъектов АПК. По нашему мнению, наиболее важным является проработка и утверждение нормативно-правовых актов по созданию ОРЦ, управлению электронной торговлей продукцией АПК.

Систематизация изученных автором теоретических подходов позволила предложить формирование цифровой ПСС АПК по определенным сферам: материально-техническое снабжение; производство; сбыт; цифровая инфраструктура. Так, адаптация производственной подсистемы предполагает применение новейших цифровых технологий и систем в сельскохозяйственном производстве и переработке, а также в системе контроля и учета движения продукции. Развитие сбытовой подсистемы должно предусматривать внедрение цифровой составляющей в ключевые области сбыта, затрагивающие процессы реализации и продвижения продукции. Цифровизация подсистемы материально-технического снабжения устанавливает необходимость автоматизации отдельных операций в цепочках поставок и применения систем ERP-класса с контуром логистики. Научная новизна основных составляющих формирования цифровой ПСС АПК заключается в комплексном обосновании формирования цифровой инфраструктуры, которая должна состоять из прикладных и системных сервисов, образующих интегрированное цифровое пространство и обеспечивающих возможность совершения в цифровой форме всех видов торговых сделок, необходимых субъектам АПК.

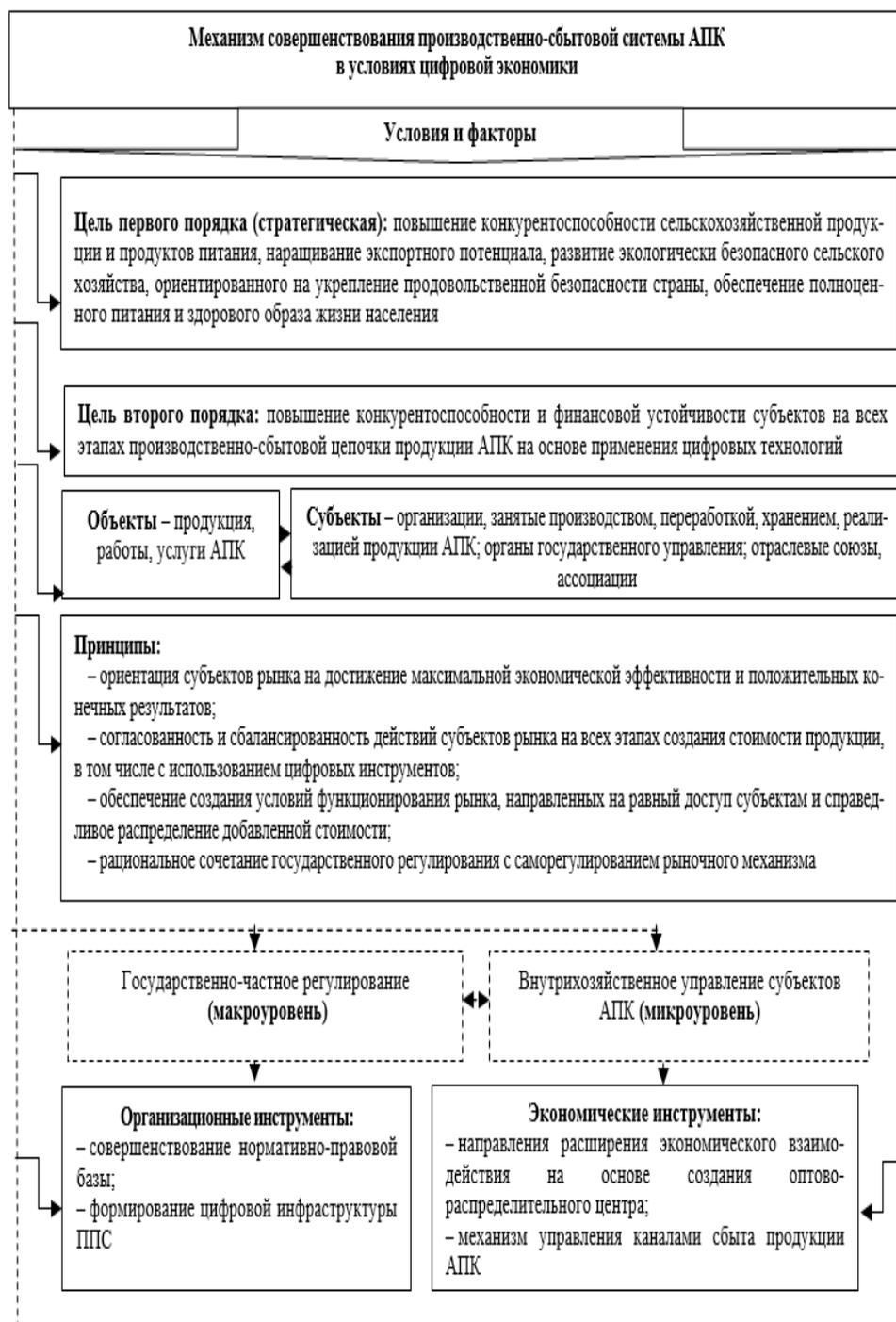


Рис. 1. Механизм совершенствования ПСС АПК Республики Беларусь в условиях цифровой экономики  
Примечание: Рисунок выполнен автором на основе собственных исследований.

Одним из направлений расширения экономического взаимодействия организаций, занятым производством, переработкой, хранением, реализацией продукции, нами предлагается создание ОРЦ, которые будут выступать в качестве основных клиентов для сельскохозяйственных организаций, а также К(Ф)Х и хозяйств населения (одновременно все сельскохозяйственные производители смогут осуществлять сбыт продукции и через иные каналы). Выполненные нами расчеты на примере производителей картофеля и картофелепродуктов показали, что для данного вида продукции необходимо создание 3 межрегиональных ОРЦ с сырьевыми зонами в 100–150 км и ареалом оптового обслуживания в 200–300 км, собственными хранилищами, транспортными парками и центрами распределения продукции.

Система каналов сбыта продукции в рамках цифровой ПСС представлена нулевыми и многоуровневыми каналами сбыта, обуславливая расширение перечня входящих в нее субъектов хозяйствования.

ния и установление доминирующего положения цифровых платформ. Сфера оптовой торговли в сравнении с базовой схемой распределения аграрной продукции дополняется ОРЦ, а в сферу розничной торговли дополнительно включаются современные маркетплейсы. Одновременно наблюдается построение цифровых цепочек поставок, в рамках которых особую роль занимают электронные торговые площадки, функционирующие вне традиционных звеньев и предоставляющие место для реализации продукции (таблица).

**Трансформационные изменения в организации и управлении каналами сбыта аграрной продукции в условиях цифровой экономики**

Компоненты цифровизации сбытовой подсистемы	Влияние компонента на функционирование ПСС АПК	Вариант трансформационных изменений, способствующих наиболее эффективной реализации компонента
В сфере реализации продукции		
Формирование цифровых цепочек поставок	Предусматривает изменение взаимосвязей между подсистемами ПСС и соответствующую трансформацию системы управления	Создание специализированных структур (например, ОРЦ), позволяющих с наименьшими рисками сформировать новые цепочки поставок
Развитие цифровых платформ реализации продукции	Обуславливает диверсификацию каналов распределения и развитие системы управления сбытом	Включение электронных цифровых площадок и маркетплейсов в базовую схему распределения аграрной продукции, выстраивание новых потоков сырья и продукции с учетом формирования ОРЦ
Изменение моделей торговли	Вызывает формирование различных вариантов установления торгового сотрудничества с учетом развития новых каналов распределения	
Внедрение систем отслеживания продукции и контроля товарных запасов	Предусматривает необходимость развития инфраструктуры ПСС АПК и формирования новых способов управления	Пересмотр взаимосвязей, выстроенных между субъектами производственной и сбытовой подсистем, с внедрением адапционных и оптимизационных цифровых моделей
В сфере продвижения продукции на рынок		
Развитие цифровых инструментов продвижения	Предусматривает использование современных организационно-экономических инструментов для продвижения аграрной продукции на внутренний и внешний рынок	Передача функций по продвижению продукции специализированным организациям или крупным игрокам, имеющим соответствующие компетенции и ресурсы Повышение маркетинговой грамотности управленческого персонала субъектов ПСС АПК
Смена способов продвижения	Обуславливает трансформацию системы продвижения продукции на рынок	
Использование аналитических платформ	Предусматривает необходимость развития маркетинговой деятельности, в том числе для формирования эффективной системы маркетинговой информации	

Примечание. Таблица составлена автором по данным источников [3, 4, 10, 11].

Таким образом, предлагаемый комплекс направлений трансформации ПСС АПК Республики Беларусь в условиях цифровой экономики формирует принципиально новую систему организации производства и управления сбытом продукции, обеспечивая ее конкурентоспособность, а также конкурентные преимущества субъектам АПК как на внутреннем, так и внешнем рынке.

**Заключение**

На основании проведенных исследований по разработке комплекса направлений трансформации ПСС АПК нами получены следующие основные результаты, содержащие научную новизну.

1. Разработан механизм совершенствования ПСС АПК Республики Беларусь в условиях цифровой экономики, представляющий собой совокупность целей, принципов, направлений трансформации взаимодействия организаций, занятым производством, переработкой, хранением, реализацией продукции, в том числе за счет применения цифровых инструментов. Новизна механизма заключается в создании ОРЦ с сырьевыми зонами в 100–150 км и ареалом оптового обслуживания в 200–300 км.

2. Обоснованы основные составляющие формирования цифровой ПСС АПК, отражающие ключевые аспекты внедрения цифровых технологий в ее подсистемы. Новизна разработки состоит в определении направлений адаптации по подсистемам (производственная, сбытовая, материально-техническое снабжение, цифровая).

3. Разработана система каналов сбыта продукции АПК в рамках цифровой ПСС, базирующаяся на формировании новых цепочек поставок, развитии цифровых и аналитических платформ, изменении моделей торговли, научная новизна которой состоит в трансформации внутренних взаимосвязей между субъектами ПСС АПК и диверсификации используемых каналов распределения продукции за счет электронных торговых площадок, ОРЦ, продовольственных маркетплейсов.

*ЛИТЕРАТУРА*

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы: пост. Совета Министров Респ. Беларусь,

1 февр. 2021 г., № 59 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – Минск, 2022.

2. Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 29 июля 2021 г. № 292 // Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://prav.by/document/?guid=3871&p0=P32100292> – Дата доступа: 27.11.2022.

3. Стратегические направления развития евразийской экономической интеграции до 2025 года. – [Электронный ресурс]: Решение Высшего Евразийского экономического совета от 11 декабря 2020 года №12 // Евразийская экономическая комиссия. – Режим доступа: [https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01428320/scd\\_12012021\\_12](https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01428320/scd_12012021_12) – Дата доступа: 05.04.2023.

4. Бельский, В. И. Полноформатная цифровизация / В. И. Бельский // Экономика Беларуси: итоги, тенденции, прогнозы. – 2018. – № 1. – С. 16–23.

5. Макрак, С. В. Управление материальными ресурсами в сельском хозяйстве в условиях развития цифровой экономики / С. В. Макрак ; ред. В. Г. Гусаков. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 328 с.

6. Новикова, Ю. Ю. Цифровизация как организационно-экономическая основа инновационного развития агропромышленного комплекса Республики Беларусь / Ю. Ю. Новикова // Актуальные проблемы инновационного развития агропромышленного комплекса Беларуси: Сборник научных трудов по материалам XIII Международной научно-практической конференции, Горки, 4-5 февраля 2021 г.: в двух частях / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; редкол. И. В. Шафранская [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – Ч. 2. – С. 64–69.

7. Волкова, Е. В. Управление цифровым потенциалом в АПК / Е.В. Волкова // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. ст. по материалам XXIII Междунар. науч.-практ. конф. – Гродно: ГГАУ, 2020. – С. 13–15.

8. Балич, Н. Л. Цифровизация сельского хозяйства в системе модернизации агропромышленного комплекса Беларуси / Н. Л. Балич // Глобальные вызовы и региональное развитие в зеркале социологических измерений: материалы V междунар. науч.-практ. интернет-конф., г. Вологда, 23–27 марта 2020 г.: в 2-х частях. – Ч. 2. – Вологда: ФГБУН ВолНЦ РАН, 2020. – С. 18–22.

9. Радченко, Н. Цифровая трансформация аграрного сектора Беларуси / Н. Радченко, Е. Соколовская, С. Радченко // Аграр. экономика. – 2021. – №4. – С. 50–59.

10. Рыбалко, Ю. А. Трансформация интеграции и интеграционных процессов в АПК в условиях цифровизации / Ю. А. Рыбалко // Экономика и банки. – 2021. – № 2. – С. 80–87.

11. Жукова, М. А. Формирование механизма цифровой трансформации сельского хозяйства: автореф. дис. канд. экон. наук: 08.00.05 / М. А. Жукова; Ворон. гос. агр. ун-т им. Петра I. – Воронеж, 2021. – 24 с.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРКЕТИНГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АГРАРНОЙ СФЕРЕ

В. М. РАМАЗАНОВ, Х. Ш. ВЕЛИЗАДЕ, А. Н. ГАХРАМАНОВ, Н. Т. ИМАМВЕРДИЕВА

*Азербайджанский государственный аграрный университет,  
г. Гянджа, Азербайджан, AZ2000*

*(Поступила в редакцию 15.04.2023)*

*Маркетинговая деятельность на протяжении многих лет выступает как система мероприятий, приносящих предприятиям успех в производственной и сбытовой деятельности в зарубежных странах. Разрабатывая и внедряя мероприятия по маркетинговой деятельности, предприятия могут не только обеспечить эффективность своей производственно-сбытовой деятельности, но и повысить свою конкурентоспособность. Планируя сельскохозяйственный маркетинг, менеджер должен оценить возможность сбыта. Для оценки маркетинговых возможностей лица, осуществляющие маркетинговую деятельность на агропромышленном предприятии, должны проанализировать сильные и слабые стороны этого предприятия. Только в результате такого анализа могут быть раскрыты рыночные возможности компании, и она сможет остаться в стороне от опасностей, которые подстерегают ее на рынке. Для этого компания должна очень хорошо знать свои сильные и слабые стороны по сравнению с конкурентами. В нашей стране эффективное функционирование различных организационно-правовых предприятий, находящихся в периоде своего становления и производящих сельскохозяйственную продукцию, в значительной степени зависит от применения на этих предприятиях концепций маркетинга. Маркетинговая литература показывает, что по мере увеличения числа потребителей предприятий повышается уровень их рентабельности и укрепляются их рыночные позиции. Видно, что существует прямая зависимость между количеством потребителей предприятия, обеспечением устойчивости его рыночных позиций и повышением уровня рентабельности. По этой причине при оценке эффективности маркетинговой деятельности предприятия помимо повышения уровня показателей, характеризующих производственно-сбытовую деятельность предприятия, следует ориентироваться и на его способность создавать коммуникативную эффективность.*

**Ключевые слова:** маркетинг, оценка, эффективность, продукт, товар, реклама, стимулирование.

*Marketing activity for many years acts as a system of activities that bring enterprises success in production and sales activities in foreign countries. By developing and implementing marketing activities, enterprises can not only ensure the effectiveness of their production and sales activities, but also increase their competitiveness. When planning agricultural marketing, the manager must evaluate marketing opportunities. In order to evaluate marketing opportunities, those who carry out marketing activities in an agro-industrial enterprise should analyze the strengths and weaknesses of this enterprise. Only as a result of such an analysis can the market opportunities of the company be revealed, and it will be able to stay away from the dangers that lie in wait for it in the market. To do this, the company must know very well its strengths and weaknesses compared to competitors. In our country, the effective functioning of various organizational and legal enterprises that are in their infancy and produce agricultural products largely depends on the application of marketing concepts at these enterprises. Marketing literature shows that as the number of consumers of enterprises increases, their level of profitability increases and their market positions strengthen. It can be seen that there is a direct relationship between the number of consumers of the enterprise, ensuring the stability of its market positions, and increasing the level of profitability. For this reason, when evaluating the effectiveness of the marketing activities of an enterprise, in addition to increasing the level of indicators characterizing the production and marketing activities of an enterprise, one should also focus on its ability to create communicative effectiveness.*

**Key words:** marketing, evaluation, efficiency, product, commodity, advertising, promotion.

### Введение

Основные маркетинговые возможности предприятий, работающих в аграрной сфере, формируются за счет следующих факторов: увеличение жизненного цикла товаров и услуг; снижение затрат на единицу продукции; получение грантов, субсидий и других льгот; увеличение прибыли и повышение рентабельности; поднятие репутации предприятия как производителя и партнера.

Планируя сельскохозяйственный маркетинг, менеджер должен оценить возможности сбыта. Для оценки маркетинговых возможностей лица, осуществляющие маркетинговую деятельность на агропромышленном предприятии, должны проанализировать сильные и слабые стороны этого предприятия. Только в результате такого анализа могут быть раскрыты рыночные возможности компании, и она сможет остаться в стороне от опасностей, которые подстерегают ее на рынке. Для этого компания должна очень хорошо знать свои сильные и слабые стороны по сравнению с конкурентами.

Поскольку предприятия пищевой промышленности аграрного сектора нашей страны более успешны, чем другие предприятия, оценка маркетинговых возможностей этих предприятий и анализ их сильных и слабых сторон представляет большой интерес. Проведенные исследования показывают, что к сильным сторонам предприятий пищевой промышленности нашей страны в современных условиях можно отнести: дешевизну местного сырья; экологичность местного сырья; фактор того, что стоимость выпускаемой продукции предприятия ниже стоимости продукции конкурентов; широта сбытовой сети продукции предприятий и высокий уровень доступности к ней.

К слабым сторонам предприятий пищевой промышленности можно отнести следующие: они имеют весьма ограниченные представления о маркетинге и его отдельных понятиях; на предприятиях есть проблемы с технологической точки зрения, а уровень износа основных фондов очень высокий; на предприятиях наблюдается недостаток оборотных средств; предпринимательская культура на предприятиях не очень высока, а набор ценностей, которых они придерживаются четко не определен (но играет важную роль в формировании имиджа этого предприятия в зарубежных странах и повышении его производственной и сбытовой активности).

К рыночным возможностям местных предприятий пищевой промышленности можно отнести: высокие темпы роста спроса на продукцию пищевой промышленности и избыточную емкость рынка.

Возможности повышения эффективности деятельности предприятий, организующих свою производственно-сбытовую деятельность на основе концепций маркетинга, еще более возрастают. Поэтому предприятие должно затрачивать определенные затраты на разработку и реализацию маркетинговых мероприятий. Результатом самооправдания затрат является обеспечение эффективности маркетинговой деятельности и, следовательно, повышение уровня показателей, характеризующих эффективность производственно-сбытовой деятельности предприятия в целом.

### **Основная часть**

Как известно, в условиях рыночных отношений не все предприятия руководствуются принципами маркетинга при осуществлении своей производственной и сбытовой деятельности. Многие предприятия организуют и осуществляют производственно-сбытовую деятельность, основываясь только на наблюдение, без проведения специальных исследований рынка. Однако есть и предприятия, деятельность которых требует комплексного исследования рынка. В это время возникает необходимость оценки эффективности маркетинговой деятельности предприятия и уточнения показателей, характеризующих эффективность производственно-сбытовой деятельности согласно концепции маркетинга.

Если предприятие осуществляет свою производственно-сбытовую деятельность с помощью маркетинга, то для точного определения повышения эффективности производственно-сбытовой деятельности этого предприятия необходимо уточнить дифференциацию между различными показателями, в случаях, когда предприятие применяет и не применяет маркетинг. Определить, как эти выгоды достигаются или, другими словами, за счет чего определить эффективность маркетинговой деятельности. Рост доли рынка предприятия взамен затрат, понесенных на осуществление маркетинговой деятельности, рост объема реализованной продукции и прибыли, рост рентабельности или уровня рентабельности предприятия являются показателями, характеризующими эффективность маркетинговой деятельности. Безусловно, указанные показатели являются лишь малой частью показателей, характеризующих эффективность системы маркетинга. Для того чтобы определить эффективность системы маркетинга предприятия в целом, следует использовать множество различных показателей.

При уточнении уровня вышеперечисленных показателей, характеризующих эффективность маркетинговой деятельности, в основном основываются на экспериментальных методах. Применяя этот метод, можно уточнить рост показателей, характеризующих рыночную деятельность предприятия, достигнутый за счет реализации маркетинговых мероприятий. Например, реклама продукции в рамках маркетинговой деятельности может привести к увеличению объема реализуемой предприятием продукции и доли рынка. По этой причине возникает необходимость сопоставлять затраты на рекламу, являющуюся частью системы маркетинга, с ростом доли рынка предприятия и объема реализуемой продукции. Таким образом, необходимо определить, насколько увеличивается доля рынка предприятия, объем реализуемой им продукции, а также уровень рентабельности на каждую единицу понесенных затрат. В результате таких сравнений и уточнений можно количественно оценить эффективность отдельных маркетинговых мероприятий и организации системы маркетинга в целом. Однако получить точное количественное выражение эффективности системы маркетинга в полном объеме очень сложно. Это связано с тем, что та или иная ранее реализованная маркетинговая мера сохраняет или продолжает свое действие даже после периода оценки. По этой причине в процессе оценки не учитываются эффекты или выгоды, что не позволяет получить точное выражение эффективности отдельных мер маркетинговой деятельности и системы маркетинга в целом.

Применяя экспериментальный метод, маркетологи предприятия могут определить, насколько эффективным будет то или иное маркетинговое мероприятие (реклама продукции, стимулирование сбыта и т. д.) и насколько оно повысит уровень показателей, характеризующих эффективность производства предприятия. Экспериментальный метод считается методом сбора первичной информации путем активного вмешательства в процессы с целью определения взаимодействия между событиями. Маркетолог определяет зависимую и независимую переменные, чтобы оценить эффективность реа-

лизуемой маркетинговой деятельности, и определяет, как изменяется уровень зависимой переменной, изменяя независимые переменные. Так, маркетолог может провести эксперимент в том или ином районе или месте продаж, чтобы определить, как зависит объем продаж от цен на продукты. Он может заранее узнать, какие изменения может претерпеть уровень зависимой переменной (например, доля рынка, объем продаж, уровень рентабельности предприятия и т. д.) при изменении одного или нескольких независимых факторов.

Маркетинговая литература показывает, что по мере увеличения числа потребителей предприятий повышается уровень их рентабельности и укрепляются их рыночные позиции. Видно, что существует прямая зависимость между количеством потребителей предприятия, обеспечением устойчивости его рыночных позиций и повышением уровня рентабельности. По этой причине при оценке эффективности маркетинговой деятельности предприятия помимо повышения уровня показателей, характеризующих производственно-сбытовую деятельность предприятия, следует ориентироваться и на его способность создавать коммуникативную эффективность. Под способностью предприятия создавать коммуникативную эффективность понимается его способность информировать покупателей и потребителей о себе и продуктах, которые предприятие производит и предлагает потребителям.

### **Заключение**

В целом эффективность производственно-сбытовой деятельности предприятий, работающих в сфере сельского хозяйства на этих предприятиях, зависит от эффективности системы агромаркетинга в целом. Для характеристики эффективности этой системы используются различные показатели. Российские ученые-экономисты и маркетологи А. Сыпкин, А. Н. Люкшинов, Н. Д. Эриашвили делят показатели, используемые для характеристики эффективности системы агромаркетинга, на три группы. К таким показателям относятся организационные или организационные показатели, показатели эффективности и показатели результата, характеризующие эффективность системы. Вышеупомянутые авторы справедливо отмечают: «Агромаркетинговая деятельность является составной частью всей агрохозяйственной деятельности и определяет конечный результат. Однако для анализа эффективности агробизнеса и системы аграрного маркетинга отождествлять эти показатели не корректно, так как показатели системы агромаркетинга – это показатели системы земледелия (агробизнеса, предпринимательства) и являются локальными показателями эффективности. Система агромаркетинга имеет свои особенности и требует расчета своих специальных показателей».

Мы считаем, что цитируемые авторы абсолютно правы. Таким образом, показатели эффективности системы аграрного маркетинга входят в состав показателей, характеризующих эффективность системы земледелия в целом. Это связано с тем, что организация эффективной системы агромаркетинга в конечном итоге приводит к повышению эффективности производственно-сбытовой деятельности предприятия или создает для этого предпосылки.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Маркетинг в отраслях и сферах деятельности: учебное пособие: Под ред. д-ра экон. наук, проф. Н. А. Нагапетьянца. – М.: Вузовский учебник, 2007. – 272 с.
2. Журнал «Молодой ученый» онлайн версия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.moluch.ru/conf/econ/archive>.
3. Электронная библиотека eLibrary [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/titles.asp>.

## ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ АГРАРНОЙ СФЕРЫ

Н. П. ПАНАСЮГА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: 85nata\_p@mail.ru

(Поступила в редакцию 20.04.2023)

*В современной рыночной экономике роли государства отводится основополагающее значение. Практика свидетельствует, что государственное регулирование отраслей экономики является фундаментом их стабильного развития. Актуальность и обязательность государственного регулирования экономики в целом и аграрного сектора в частности не вызывает сомнений у большинства экономистов и ученых. Необходимость государственного регулирования отраслей экономики определяется следующим: государство покрывает изъяны и слабости рынка, на том основании, что в решении целого ряда наиболее существенных вопросов жизни общества рыночные отношения не эффективны; в условиях рыночной экономики необходимо централизованное балансирование интересов отдельных организаций, отраслей и национальной экономики в целом, для того чтобы они не противоречили интересам общества, а наоборот взаимно дополняли друг друга. В современном мире государственное регулирование аграрного сектора экономики осуществляется, осуществляется и будет осуществляться в той или иной мере. В нынешних реалиях не может быть создана эффективная рыночная экономика без активной регулирующей роли государства. Цели современного государственного регулирования экономики: в среднесрочной перспективе – обеспечение экономического роста, в долгосрочной – повышение конкурентоспособности страны на мировой арене.*

*В статье рассматриваются и анализируются различные трактовки категории «государственное регулирование экономики». Изучив определения государственного регулирования экономики разных авторов, мы сформулировали и предложили авторскую трактовку определения «государственное интервенционное регулирование аграрного сектора».*

**Ключевые слова:** государственное регулирование экономики, государственное интервенционное регулирование аграрного сектора, агропромышленный комплекс.

*In a modern market economy, the role of the state is of fundamental importance. Practice shows that state regulation of economic sectors is the foundation of their stable development. The relevance and mandatory state regulation of the economy in general and the agricultural sector in particular is beyond doubt by most economists and scientists. The need for state regulation of economic sectors is determined by the following: the state covers the flaws and weaknesses of the market, on the grounds that market relations are not effective in solving a number of the most significant issues of society; in a market economy, it is necessary to centrally balance the interests of individual organizations, industries and the national economy as a whole, so that they do not contradict the interests of society, but rather mutually complement each other. In the modern world, state regulation of the agrarian sector of the economy has been carried out, is being carried out and will be carried out to one degree or another. In the current realities, an effective market economy cannot be created without the active regulatory role of the state. The goals of modern state regulation of the economy: in the medium term – to ensure economic growth, in the long term – to increase the country's competitiveness on the world stage.*

*The article discusses and analyzes various interpretations of the category "state regulation of the economy". Having studied the definitions of state regulation of the economy of different authors, we formulated and proposed the author's interpretation of the definition of "state intervention regulation of the agricultural sector".*

**Key words:** state regulation of the economy, state intervention regulation of the agrarian sector, agro-industrial complex.

### Введение

Уже несколько веков как теоретиками, так и практиками государственного управления изучаются и обсуждаются различные аспекты государственного регулирования экономики. По мере экономического развития понятийный аппарат государственного регулирования совершенствуется, дополняется, трансформируется, наполняется новыми дефинициями.

Цель исследования – проанализировать определения термина «государственное регулирование экономики» и сформулировать на их основе авторское определение понятия «государственное интервенционное регулирование экономики».

### Основная часть

Изучение научных источников показывает, что государственное регулирование аграрной экономики – область научных исследований государственного управления отраслью сельского хозяйства и смежными видами деятельности, предусматривающая различные подходы и концепции, стержневой основой которых является использование экономических методов управления. Указанный термин имеет выражения-синонимы: «государственное вмешательство в экономику», «воздействие государства на экономику», «государственная поддержка», «государственное регулирование экономики» и их вариации. Формы и методы государственного регулирования изменяются в зависимости от условий развития экономики конкретной страны на определенном этапе. Рассмотрим существующие

определения термина «государственное регулирование экономики, АПК, агропромышленного производства» в табл. 1.

Таблица 1. Подходы к определению термина «государственное регулирование экономики» и их особенности

Автор, источник	Определение, особенности
Белорусские ученые	
В. И. Бельский [1]	Государственное регулирование экономики предложено рассматривать как направление централизованного управления национальным хозяйством для обеспечения условий эффективного социально-экономического развития (страны, региона, отрасли, кластера и т. д.), которое реализуется преимущественно посредством различных финансово-экономических рычагов в сфере налогообложения, таможенно-тарифного регулирования, политики процентной ставки по банковским кредитам, бюджетной и финансовой политики, формирования материальных резервов и стабилизационных фондов, а также информационных методов, стимулирующих рыночный спрос и предложение, побуждающих товаропроизводителей эффективно использовать материальные и трудовые ресурсы, развивать конкурентоспособное производство товаров и услуг для удовлетворения разнообразных потребностей покупателей. Преимущество данного определения состоит в том, что в качестве объекта регулирующего воздействия выступают не непосредственно целевые параметры экономического развития, а экономические условия, отношения, изменение которых через реакцию экономических субъектов ведет к достижению заданных целей
В. А. Воробьев [2]	Микроэкономическое регулирование связано с вмешательством государства в рыночные механизмы размещения ограниченных производственных ресурсов. Макроэкономическое регулирование призвано содействовать использованию всех производственных ресурсов и, как результат, достижению желаемых для общества макроэкономических целей – устойчивых темпов экономического роста, высокого уровня занятости, стабильного общего уровня цен, экспортно-импортно сбалансированности. В первом случае государство выполняет реаллокационную функцию, во втором – стабилизирующую
В. Г. Гусаков [3]	Государственное регулирование экономики – это воздействие государства на деятельность хозяйственных субъектов и рыночную конъюнктуру с целью обеспечения нормальных условий для функционирования рыночного механизма, решения экологических и социальных проблем
В. А. Дадалко, Д. А. Пешко [4]	Обозначают, что государство может выполнять свои функции взаимодействия прямо (через финансирование развития государственного сектора) или косвенно (через систему экономических и правовых регуляторов), придавая им способность ориентировать деятельность хозяйствующих субъектов на достижение целей и приоритетов социально-экономической политики
З. М. Ильина [5]	Для создания условий устойчивого развития сельского хозяйства и сельских районов необходимы коррективы национальной и международной сельскохозяйственной, экологической и макроэкономической политики всех стран. Задача – стабильное наращивание производства продуктов и повышение продовольственной безопасности
И. А. Казакевич [6]	Под государственным регулированием понимается комплекс мер, действий, применяемых правительством для коррекции существующих основных экономических отношений и процессов в различных сферах экономики. Регулирование финансово-экономических отношений в аграрной отрасли представляет собой часть общего регулирования, которое учитывает специфику функционирования отрасли и ее связи с различными субъектами хозяйствования: поставщиками, покупателями, а также с налоговой, кредитной и страховой системами
Коллектив авторов под руководством А. П. Шпака [7]	Государственное регулирование представляет собой систему мер, действующих на состояние и развитие народного хозяйства республики, отдельных его отраслей и конкретных предприятий. Государственное регулирование агропромышленного производства определено как комплекс мер поэтапного системного воздействия на социально-экономические отношения в аграрном секторе экономики посредством использования разнообразных инструментов, рычагов и механизмов на разных уровнях на основе соответствующих принципов и методов
М. В. Петрович [8]	Государственное регулирование экономики – форма воздействия государственных институтов в рамках имеющихся полномочий на протекающие в них процессы для поддержания их на заданном уровне и предотвращения возможных сбоев в функционировании систем. Автор заявляет, что в понимании сущности данной категории существенных различий нет, а регулирование является разновидностью управления и отличается от него степенью самостоятельности объекта управления
Российские ученые	
А. Р. Асланов [9]	Государственное регулирование агропромышленного производства – это целостная многоуровневая система экономических отношений, включающая многоэлементную подсистему координации рыночного механизма АПК и подсистему государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей, посредством которых осуществляется воздействие органов государственной власти и государственного управления различных уровней на все звенья агропромышленного комплекса с целью стабилизации и дальнейшего развития агропромышленного производства, а также обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации. Сложное определение
Т. В. Зырянова [10]	Государственное регулирование агропромышленного производства рассматривает как «оптимальное сочетание рыночной свободы с регулированием процессов воспроизводства в правовом поле для эффективного воздействия экономических рычагов на межотраслевые и хозяйственные связи с целью достижения социально-экономической стабильности»
Е. Г. Канев [11]	Государственное регулирование – процесс формирования трансформируемой системы методов, обеспечивающей адаптивности интересов государства и субъектов агропромышленного производства на макро-, мезо- и микроуровнях; сложный механизм управления, основанный на принципах обратной связи, дифференцированного и программно-целевого подхода, устойчивости, приоритет-

	ности, мотивационной направленности, гарантированности, учета регионального аспекта и ориентирования бюджетных расходов на эффективный результат. Сложное для запоминания. Определение состоит из двух частей, во второй части делается акцент только на принципы механизма управления
Л. В. Постникова, Н. В. Прокофьева [12]	Государственное регулирование сельского хозяйства – процесс, который характеризуется влиянием государства на деятельность экономических субъектов с целью выполнения поставленных им целей и задач. Схематичное и узкое определение
Н. Н. Семенова [13]	Государственное регулирование... включает различные способы воздействия на развитие как агропромышленного производства, так и общества в целом. В самом общем смысле государственное регулирование, помимо государственной поддержки включает и такие составляющие, как административное воздействие, правовое воздействие, меры ограничительного характера. Указаны лишь виды воздействия государственного регулирования
Н. В. Шарапова [14]	Под государственным регулированием агропромышленного производства понимается социально-экономическое воздействие государства на базовые сферы агропромышленного комплекса, включая производство средств производства, непосредственно сельское хозяйство, а также переработку и реализацию сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, с целью обеспечения продовольственной безопасности государства, через сформированный эффективный организационно-экономический механизм, состоящий из организационно-управленческого, финансово-экономического, технико-технологического, экологического, мотивационного и правового блоков. Сложное определение
Н. М. Ширяева [15]	Государственное регулирование агропромышленного производства включает законодательное обеспечение, нормативно-правовую базу, организационный механизм, систему управления, состоит из государственного экономического и административного регулирования. В определении не учитывается, что госрегулирование осуществляется как на федеральном, так и региональном уровнях
А. А. Халяпин [16]	Государственное экономическое регулирование аграрного сектора экономики – это система рычагов, экономических инструментов и стимулов. Автор считает, что с их помощью государство может влиять на развитие аграрного сектора экономики и эффективность деятельности его институциональных единиц с целью обеспечения продовольственной безопасности страны. Он отмечает, что задача государственного регулирования – поддержка рыночного равновесия, регулирование объемов производства и использования продукции, стимулирование производства ее дефицитных видов, сдерживание производства продуктов, по которым имеется перепроизводство или нет спроса

Примечание: обобщено и составлено автором на основе указанных источников.

Безусловно, в таблице приведены не все известные определения государственного регулирования экономики и ее агропромышленной сферы. Вместе с тем вполне очевидно, что большинство авторов относит к государственному регулированию централизованное вмешательство, реализуемое государством или его агентами, которое направлено на повышение эффективности использования ресурсов, сбалансирование рынка в интересах наиболее уязвимых его контрагентов, задействовав при этом главным образом экономические (косвенные) рычаги. В целом мы согласны с точкой зрения ученых, которая (в совокупности) сводится к тому, что государственное регулирование необходимо рассматривать как управление национальным хозяйством посредством целенаправленного воздействия на экономические интересы экономических субъектов (потребителей и производителей, рыночных контрагентов, конкурентов и т.д.).

Обращает на себя факт, что понятие «интервенционное регулирование экономики» употребляется преимущественно как тождественное понятию «государственное регулирование экономики». Вместе с тем, не отрицая такую возможность при общем (недетализированном) рассмотрении экономических процессов, в случае углубленного исследования термин «экономическая интервенция» нельзя считать идентичным понятию «государственное регулирование».

Изучив и осмыслив научную литературу, практику государственного регулирования, в том числе международный опыт, мы пришли к выводу, что ключевой особенностью экономических интервенций как сферы государственного регулирования агроэкономических отношений является их активный характер, зависящий от выбора инструмента (рычага) целевого воздействия, силы и продолжительности такого воздействия. Особый акцент, считаем, необходимо делать на том, что интервенции должны обладать *выраженным свойством корректировки* экономических явлений, пропорций, в том числе рыночных, развивающихся с отклонениями от целевого (планового, рационального) сценария.

Изучив и обобщив существующие подходы к определению понятия «государственное регулирование экономики (АПК, агропромышленного производства и т.д.)», особенности экономических интервенций как системы инструментов действенного государственного вмешательства в функционирование экономических отношений, нами предложено авторское определение понятия «государственное интервенционное регулирование аграрного сектора». Это целенаправленное применение

различных инструментов и методов организационного, правового и экономического воздействия на развитие сельского хозяйства и смежных отраслей, предполагающих активное вмешательство в балансирование рынка, формирование цен и доходов, структуры производства и продаж с целью его стабильного, эффективного и конкурентоспособного функционирования. В отличие от категории государственного регулирования в целом централизованное интервенционное воздействие не включает общие меры формирования экономической среды.

### **Заключение**

Таким образом, необходимость государственного регулирования обусловлена неспособностью рыночного хозяйства в определённых условиях решать задачи развития инфраструктуры, реконструкции отраслей промышленности и сельского хозяйства, ресурсного обеспечения народного хозяйства, финансирования науки и образования. Интервенционное вмешательство является основной государственной регуляцией экономики. Его отличительная особенность как относительно самостоятельного экономического явления – применение рычагов активного влияния на экономические процессы, интересы экономических агентов, рыночную конъюнктуру. Значимость такого выделения интервенционной проблематики в системе государственного регулирования связана прежде всего с оперативным проявлением эффектов интервенций, что позволяет предупреждать негативные экономические результаты.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Бельский, В. И. Экономический механизм государственного регулирования сельскохозяйственного производства (теория, методология, практика): автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / В. И. Бельский: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси. – Минск, 2019. – 56 с.
2. Воробьев, В. А. Микроэкономическое регулирование сельского хозяйства (методология, теория и практика): дис.... д-ра экон. наук: 08.00.01 / В. А. Воробьев: БГУ. – Минск, 2001. – 243 с.
3. Гусаков, В. Г. Факторы и механизмы устойчивого экономического развития сельского хозяйства / В. Г. Гусаков // Вес. Нац. акад. Наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2013. – № 3. – С. 9–29.
4. Дадалко, В. А. Государственное регулирование развития АПК. Зарубежный опыт / В. А. Дадалко, Д. А. Пешко. – Минск: Армита, 1994. – 111 с.
5. Ильина, З. М. Глобальные проблемы и устойчивость национальной продовольственной безопасности: в 2 кн. / З. М. Ильина. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2012. – Кн. 1. – 211 с.
6. Рекомендации по повышению эффективности государственного экономического регулирования и стимулирования сельского хозяйства / И. А. Казакевич [и др.] // Научные принципы регулирования развития АПК: предложения и механизмы реализации-2012; редкол.: В. Г. Гусаков. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2012. – С. 88–100.
7. Регулирование развития агропромышленного производства Беларуси / А. П. Шпак [и др.]; отв. ред. А. П. Шпак. – Минск: БНИВФХвАПК, 2008. – 172 с.
8. Петрович, М. В. Государственное регулирование потребительского рынка / М. В. Петрович. – Минск: Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2001. – 401 с.
9. Асланов, А. Р. Современные проблемы государственного регулирования агропромышленного производства / А. Р. Асланов // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2009. – № 2. – С. 92–104.
10. Зырянова, Т. В. Государственное регулирование АПК в условиях формирования системы продовольственной безопасности региона: дис.... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Т. В. Зырянова. – Екатеринбург: УГСХА, 2002. – 355 с.
11. Канев, Е. Г. Государственная поддержка и регулирование агропромышленного производства, предприятий и отраслей сельского хозяйства (на примере Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области): автореф. дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / Е. Г. Канев. – Екатеринбург, 2010. – 23 с.
12. Постникова, Л. В. Учетно-аналитическое обеспечение государственной помощи в сельскохозяйственных организациях в условиях экономической интеграции: монография / Л. В. Постникова, Н. В. Прокофьева. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА, 2011. – 160 с.
13. Семенова, Н. Н. Государственная финансовая поддержка как условие устойчивого развития аграрного сектора экономики / Н. Н. Семенова // Финансовые исследования. – 2011. – № 4. – С. 19–26.
14. Шарапова, Н. В. Организационно-экономический механизм поддержки сельхозтоваропроизводителей в системе государственного регулирования отрасли: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Н. В. Шарапова; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет» – Екатеринбург, 2019. – 280 с.
15. Ширяева, Н. М. Государственное регулирование развития сельского хозяйства региона: направления, механизмы, приоритеты: дис.... канд. экон. наук: 08.00.05 / Н. М. Ширяева. – Ростов-на-Дону, 2004. – 153 с.
16. Халяпин, А. А. Концептуальные детерминанты государственного регулирования аграрного сектора экономики. Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 79 (05). – С. 5.

## БУХГАЛТЕРСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА: ВОЗНИКНОВЕНИЕ, РАЗВИТИЕ И ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Е. Л. ПУТНИКОВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: putnikova705@mail.ru

(Поступила в редакцию 19.05.2023)

*В статье изложены актуальные вопросы возникновения, развития и государственного регулирования бухгалтерской экспертизы, возникающие в связи с необходимостью своевременного устранения правонарушений и преступлений в сфере агропромышленного комплекса. При этом отражен процесс возникновения и развития судебно-экспертной деятельности, эволюция становления и развития судебно-бухгалтерской экспертизы, проанализированы мнения ученых и специалистов, представленные в экономической литературе, законодательная и нормативно-правовая база. Обращено внимание на правовую основу, принципы организации и основные направления государственной судебно-экспертной деятельности Республики Беларусь в уголовном, гражданском и административном судопроизводстве. По результатам проведенного исследования акцентировано внимание на нынешнем этапе социально-экономических переустройств, который предполагает переход государственных судебно-экспертных организаций на новый качественный уровень деятельности. Отражена стратегия необходимости использования программно-целевого метода, позволяющего найти оптимальный вариант решения проблем, учитывать потребности следственных органов и судов в новых услугах государственных судебно-экспертных организаций, в том числе и в проведении судебно-бухгалтерской экспертизы. Результаты исследования свидетельствуют, что в части инноваций выступает трансформация законодательной базы, формирование современной концепции бухгалтерского учета, разработка и использование национальных стандартов бухгалтерского учета и отчетности, переход на международные стандарты финансовой отчетности. Это связано с возможностью решения целого ряда задач, возникающих в связи с несоответствием бухгалтерского учета и отчетности требованиям законодательства, подачей судебных исков, возникновением недостач, потерь, излишков товарно-материальных ценностей и имущества в организациях АПК и в общем в выяснении реальных фактических обстоятельств, отражающих всесторонне предпринимательскую и хозяйственную деятельность тех или иных субъектов хозяйствования. Следовательно, в нынешних условиях хозяйствования бухгалтерская экспертиза является наиболее распространенной и востребованной при исследовании правонарушений в экономической сфере.*

**Ключевые слова:** бухгалтерская экспертиза, судебно-экспертная деятельность, комитет судебных экспертиз, законодательная база, механизм регулирования.

*The article deals with topical issues of the emergence, development and state regulation of accounting expertise. At the same time, the process of the emergence and development of forensic activities, the evolution of the formation and development of forensic accounting expertise are reflected, the opinions of scientists and specialists presented in the economic literature, the legislative and regulatory framework are analyzed. Attention is drawn to the legal framework, principles of organization and main directions of the state forensic activities of the Republic of Belarus in criminal, civil and administrative proceedings. Based on the results of the study, attention is focused on the current stage of socio-economic reconstruction, which involves the transition of state forensic organizations to a new qualitative level of activity. The strategy of the need to use a program-target method is reflected, which allows finding the best solution to problems, taking into account the needs of investigating authorities and courts in new services of state forensic organizations, including in conducting forensic accounting expertise. The results of the study show that in terms of innovation, the transformation of the legislative framework, the formation of a modern concept of accounting, the development and use of national accounting and reporting standards, the transition to international financial reporting standards are in favor. This is due to the possibility of solving a number of problems that arise in connection with the inconsistency of accounting and reporting with the requirements of the law, filing lawsuits, the occurrence of shortages, losses, surpluses of inventory and property in agribusiness organizations and, in general, in clarifying the real factual circumstances that reflect comprehensive entrepreneurial and economic activities of certain business entities. Consequently, in the current economic conditions, accounting expertise is the most common and in demand in the study of offenses in the economic sphere.*

**Key words:** accounting expertise, forensic activities, forensic examination committee, legislative framework, regulatory mechanism.

### Введение

Бухгалтерская экспертиза является наиболее распространенным видом из класса судебных экономических экспертиз. Она прошла определенную эволюцию становления и развития по сравнению с другими экономическими экспертизами. В нынешних условиях хозяйствования данный вид экспертизы является наиболее применяемым и востребованным при исследовании правонарушений в экономической сфере. Это обусловлено, в первую очередь, возможностью решения целого ряда задач, возникающих в связи с несоответствием бухгалтерского учета и отчетности требованиям законодательства, подачей судебных исков, возникновением недостач, потерь, излишков товарно-материальных ценностей и имущества в организациях АПК и в общем в выяснении реальных фактических обстоятельств, отражающих всесторонне предпринимательскую и хозяйственную деятельность тех или иных субъектов хозяйствования. Считаем, что в нынешнем периоде актуальность бух-

галтерской экспертизы с каждым днём значительно растёт, поэтому возникает жизненная необходимость применения новых подходов в деятельности судебно-экспертных организаций, определения приоритетных направлений их развития, все это во многом зависит от законодательной базы и функционирования органов, способных решать указанные задачи.

### **Основная часть**

В существующих реалиях, связанных с реформированием системы бухгалтерского учета, роста преступлений в деятельности организаций агропромышленного комплекса, возникает надобность в проведении бухгалтерской экспертизы, которая в своем развитии прошла определенный период и накопила огромный опыт в раскрытии правонарушений в экономической сфере.

Процесс возникновения и развития судебно-экспертной деятельности и, в частности, судебно-бухгалтерской экспертизы насчитывает не одно десятилетие и претерпевал значительные изменения. Результаты исследования истории возникновения и развития судебно-бухгалтерской экспертизы позволяют отметить основные периоды ее становления.

В конце XIX и начале XX века бухгалтерская экспертиза получила в обществе широкое признание. В России в 1889 и 1910 годах делались попытки создать по английским образцам Институт присяжных бухгалтеров – профессиональное объединение счетных работников. 28 июня 1912 года Государственным Советом и Государственной Думой Российской империи был одобрен Закон об учреждении кабинета научно-судебной экспертизы в г. Санкт-Петербурге.

Начиная с первых лет существования советской власти, органы расследования и суды широко использовали результаты судебно-бухгалтерской экспертизы при расследовании уголовных и гражданских дел. Декретом о судах Совнарком РСФСР в 1918 г. предоставил судам право при рассмотрении гражданских дел, которые требуют специальных знаний, по своему решению приглашать специалистов в свой состав с правом соглашательного голоса. Назначение экспертизы и процессуальное положение эксперта определялись уголовно - процессуальным кодексом РСФСР от 23 февраля 1923 г. [1, с. 34].

Затем в 1924 г. Народный комиссариат рабоче-крестьянской инспекции создает орган независимого финансового контроля – Институт государственных бухгалтеров-экспертов (ИГБЭ) при НКРКИ СССР. Работа данного института состояла в проведении экспертиз отчетности и документов, а также в составлении заключений по отдельным вопросам бухгалтерского учета.

Во второй половине 20-х и в 30-х годов. прошлого столетия были созданы отделы работников учета (ОРУ) при Московском и ряде других областных отделов профсоюза советских торговых служащих. Для этих объединений ИГБЭ был как бы бухгалтерской инспекцией.

В июне 1930 г. ИГБЭ постановлением СНК СССР был ликвидирован, а в ноябре 1931 г. решением ВЦСПС ОРУ было реорганизовано во Всесоюзное общество содействия социалистическому учету – ВОССУ, и все права на проведение бухгалтерской экспертизы перешли сначала к ОРУ, а потом – к ВОССУ. Сосредоточение судебно-бухгалтерских экспертиз в одной организации оказало положительное влияние, как на подготовку кадров экспертов-бухгалтеров, так и на производство судебно-бухгалтерской экспертизы. В связи с ликвидацией в 1936 г. ВОССУ руководство судебно-бухгалтерской экспертизой было возложено на созданное при Прокуратуре СССР Центральное бюро судебно-бухгалтерской экспертизы с филиалами на местах. Это положило начало существованию в СССР специализированного учреждения. Его основной деятельностью стало проведение судебно-бухгалтерских экспертиз, обобщение передового опыта, разработка методологии и методики экспертного исследования, подготовка кадров экспертов-бухгалтеров и повышение их квалификации [2, с. 43].

Родоначальником создания профессиональных органов, занимающихся проведением именно судебно-бухгалтерских экспертиз, стало Центральное бюро судебно-бухгалтерской экспертизы при Прокуратуре СССР (1936), которое функционировало до 1938 г. Бюро обобщило всю деятельность экспертных организаций и занималось подготовкой и повышением квалификации экспертов-бухгалтеров.

В годы Великой Отечественной войны и послевоенного восстановления экономики развитие структуры экспертных организаций временно было приостановлено. Только в 1952 г., закрепляя государственное подчинение, при Минфине СССР было создано Бюро государственной бухгалтерской экспертизы. Бюро имело филиалы при Минфине СССР союзных и автономных республик, краевых и областных финансовых отделах [3, с. 87].

В 1957 г. Бюро государственной бухгалтерской экспертизы было ликвидировано, а его права были переданы республиканским министерствам финансов. С 1962 г. эти бюро из ведения Министерства финансов были переданы в ведение республиканских министерств юстиции. При Министерстве юс-

тиции БССР был создан Научно-исследовательский институт судебных экспертиз, который в 1990 г. Преобразован в Научно-исследовательский институт проблем криминологии, криминалистики и судебной экспертизы Министерстве юстиции Республики Беларусь. [4, с. 112].

С 2009 года в Республике Беларусь проведением судебных экспертиз занималось Государственное учреждение «Центр судебных экспертиз и криминалистики Министерства юстиции Республики Беларусь». В свою очередь в это же время проведением СБЭ занимается Государственный экспертно-криминалистический центр МВД. Процесс совершенствования государственного регулирования и эффективного развития судебно-экспертной деятельности и, в частности, судебно-бухгалтерской экспертизы продолжается. Это связано с тем, что при увеличении количество и объема совершаемых хозяйственных операций деятельности коммерческих организаций возникают благоприятные условия для совершения и маскировки экономических преступлений. Этому также в свою очередь оказывать содействие несовершенство нормативно-правовой базы. Поэтому наиболее востребованный и распространенный вид современного исследования правонарушений в экономической сфере является бухгалтерская экспертиза, которая способствует достижению позитивных результатов деятельности в управлении организациями агропромышленного комплекса.

В последние годы правовую основу, принципы организации и основные направления государственной судебно-экспертной деятельности Республики Беларусь в уголовном, гражданском и административном судопроизводстве определяет Указ Президента Республики Беларусь от 22.04.2013 г. № 202 «Об образовании Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь» (далее Указ № 202). [5]. Согласно Указу № 202, с целью совершенствования государственной судебно-экспертной деятельности, усиления защиты прав и законных интересов граждан, организаций в уголовном, административном, гражданском и хозяйственном процессе в Республике Беларусь 1 июля 2013 г. был создан Государственный комитет судебных экспертиз. Правовые и организационные основы деятельности Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь определяет Закон Республики Беларусь от 15 июля 2015 г. № 293-3 «О Государственном комитете судебных экспертиз Республики Беларусь».

В систему Государственного комитета судебных экспертиз входят следующие государственные органы:

- центральный аппарат Государственного комитета судебных экспертиз;
- территориальные органы Государственного комитета судебных экспертиз;
- управления Государственного комитета судебных экспертиз по областям и г. Минску;
- районные (межрайонные), городские, районные (межрайонные) в г. Минске отделы Государственного комитета судебных экспертиз.

Государственный комитет судебных экспертиз в соответствии с возложенными на него задачами:

- проводит судебные экспертизы по уголовным и гражданским делам, делам об административных правонарушениях, экономическим делам, материалам проверок по заявлениям (сообщениям) о преступлениях;
- проводит экспертизы (исследования) по материалам государственных органов, в том числе осуществляющих дознание, оперативно-розыскную деятельность, государственных органов и иных организаций, осуществляющих контрольную (надзорную) деятельность, в порядке и случаях, предусмотренных законодательными актами и постановлениями Совета Министров Республики Беларусь;
- проводит экспертизы по обращениям граждан, в том числе индивидуальных предпринимателей, и юридических лиц;
- обеспечивает участие сотрудников и лиц гражданского персонала из числа судебных экспертов в качестве специалистов в следственных и других процессуальных действиях, оперативно-розыскных мероприятиях, проводимых органами, осуществляющими оперативно-розыскную деятельность;
- проводит судебные экспертизы по гражданским и экономическим делам на платной основе в соответствии с требованиями гражданского процессуального и хозяйственного процессуального законодательства. [6].

Обращают на себя внимание расширяющиеся в рамках Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь возможности для более основательной профессиональной подготовки и специализации судебных экспертов, для сокращения расходов на создание довольно дорогостоящей научно-технической базы, для более рационального использования исследовательской техники. Все это, очевидно, будет сопряжено с активизацией научно-исследовательских разработок по совершенствованию методик экспертного исследования, их последующей стандартизации, по созданию учебно-методических материалов для подготовки судебных экспертов [7, с. 120].

В части судебно-бухгалтерских экспертиз данная государственная организация проводит следующие виды экспертных исследований:

- исследование динамики показателей финансового состояния и финансово-экономической деятельности хозяйствующего субъекта;
- определение наличия признаков банкротства или срыва возмещения убытков кредитору, а также исследование динамики показателей финансового состояния и платежеспособности организации, находящейся в процедуре экономической несостоятельности (банкротства);
- определение степени обеспеченности предприятия оборотными средствами, причин образования дебиторской и кредиторской задолженности;
- установление обоснованности предоставления и целевого расходования кредитов, полноты и своевременности их возврата;
- определение несоответствий требованиям нормативным правовым актам и договорным обязательствам при совершении расчетных, хозяйственных, финансовых кредитных и банковских операций;
- определение доли истца в имуществе предприятия при его выходе из состава участников; подтверждение (не подтверждение) выводов проверок (ревизий);
- определение соответствия отраженных в бухгалтерском учете хозяйственных операций требованиям бухгалтерского учета и отчетности, действующим нормативным правовым актам;
- выявление учетных несоответствий, влияние на показатели финансово-хозяйственной деятельности;
- исследование материалов инвентаризаций хозяйствующих субъектов.

Нынешний этап социально-экономических переустройств предполагает переход государственных судебно-экспертных организаций на новый качественный уровень деятельности, что определяет необходимость использования программно-целевого метода, позволяющего найти оптимальный вариант решения проблем, учитывать потребности следственных органов и судов в новых услугах государственных судебно-экспертных организаций, в том числе и в проведении судебно-бухгалтерской экспертизы. В части инноваций выступает трансформация законодательной базы, формирование современной концепции бухгалтерского учета, разработка и использование национальных стандартов бухгалтерского учета и отчетности, переход на международные стандарты финансовой отчетности.

### **Заключение**

Исходя из вышерассмотренного и многолетнего, эволюционного опыта развития данного вида экспертного исследования следует отметить, что в существующей экономической ситуации в настоящее время важнейшее значение приобретает своевременное устранение правонарушений в сфере экономики. Самой главной задачей государства остается выявление экономических преступлений. Безусловно, экономические преступления являются особо опасными действиями, которые посягают на экономические интересы государства. Правоохранительные органы нуждаются в глубоком анализе финансово-хозяйственной деятельности организаций агропромышленного комплекса, где совершаются правонарушения, что позднее приводит к росту важности судебных экспертиз, среди которых значительную роль играет судебно-бухгалтерская экспертиза.

Следовательно, обобщая все выше изложенное, можно отметить что судебно-бухгалтерская экспертиза прошла различные модели развития и в настоящее время в Республике Беларусь законодательно зафиксированы правовые основы и принципы реализации судебно-экспертной деятельности, механизм регулирования вопросов организационного и научно-методического ее обеспечения, а также целостный подход в порядке и методике проведения судебно-бухгалтерских экспертиз. С этой целью на республиканском уровне приняты актуальные для судебно-экспертной деятельности законодательные акты, которые закрепляют механизм регулирования вопросов организационного и научно-методического ее обеспечения; а также последовательность исследования объектов судебно-бухгалтерских экспертиз, установления сроков их проведения; правового статуса эксперта-бухгалтера и дополнительных гарантий его независимости. Вступление в действие новой законодательной базы позволит эффективно развиваться судебно-экспертной деятельности, в том числе путем установления единой системы подготовки кадров, повышения их квалификации и переподготовки, применения современных методик исследований.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Алибеков, Ш. И. Судебно-бухгалтерская экспертиза / Ш. И. Алибеков. – М.: Юстицинформ, 2006. – 70 с.
2. Исторические аспекты возникновения и развития судебно-бухгалтерской экспертизы / Е. Л. Путникова / Бухгалтерский учет в условиях глобализации экономики: сборник научных трудов по материалам IV Международной научно-практической конференции (20–21 апреля 2017 г.) / гл. ред. Е. Л. Путникова. – Горки: УО БГСХА, 2017. – С. 16–18.

3. Судебно-бухгалтерская экспертиза: учеб. пособие для студентов вузов / [Е. Р. Российская и др.]; под ред. Е. Р. Российской, Н.Д. Эриашвили. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 351 с.
4. Актуальные вопросы возникновения и совершенствования судебно-бухгалтерской экспертизы в Республике Беларусь / Е. Л. Путникова // Организационно-правовые аспекты инновационного развития агробизнеса: сб. науч. труд. / БГСХА, Западнопоморский технологический ун-т в Щецине; ред. кол.: А. С. Четкин (гл. ред.) и [др.]. – Горки-Щецин, 2017. – С. 492–495.
5. Об образовании Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь: указ Президента Республики Беларусь от 22.04.2013 г. № 202 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2013. – № 1/14233.
6. О Государственном комитете судебных экспертиз Республики Беларусь: Закон Республики Беларусь от 15 июля 2015 г. № 293-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2015. – № 2/2291.
7. Ткач, В. Ю. Реформирование системы судебно-экспертных учреждений на примере Республики Беларусь / В. Ю. Ткач // Судебная экспертиза. – 2015. – №1(41). – 136 с.

## ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 635.652.2:631.526:631.53.037

### КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ ФАСОЛИ В ПИТОМНИКЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА

М. Н. АВРАМЕНКО

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: avramenko\_77@mail.ru

(Поступила в редакцию 15.02.2023)

В статье приводятся четырехлетние данные оценки образцов фасоли по комплексу хозяйственно ценных признаков. Описаны морфологические признаки и выявлены различия у образцов по окраске семян (белая, коричневая, темно-коричневая, розово-коричневая с рисунком, красно-коричневая, кремово-желтая с фиолетовыми штрихами, оливковая с красным пятнышком, черная), по окраске цветка (белая, бело-розовая, розовая и бело-кремовая), по окраске листьев (светло-зеленая, зеленая, темно-зеленая), по верхушке растений (нутящая или завивающаяся и обычная).

Изучены фенологические признаки исследуемых образцов фасоли и зависимость их от года исследования. Проанализированы полевая всхожесть и сохраняемость растений фасоли к уборке. Проведена математическая обработка полученных результатов методами вариационного и дисперсионного анализов. Выявлено, что элементы структуры урожайности варьируют в средней и сильной степени ( $V=14,1-40,0\%$ ), высота растений – в слабой, средней и сильной степени ( $V=7,2-27,1\%$ ), высота прикрепления первого боба – в средней и сильной степени ( $12,9-32,6\%$ ).

В результате оценки выделены источники для создания сортов, характеризующихся скороспелостью (Эврика, Зинуля и Московская белая), пригодностью к механизированному возделыванию (Паланачки с высотой прикрепления первого боба более 15 см (18,7 см) и Шоколадница с нутящей верхушкой), повышенной семенной продуктивностью (Прето). В качестве источников для создания высокоурожайных сортов фасоли рекомендуется использовать образцы Тип-топ, Паланачки, Шоколадница и Борлото, которые характеризовались наибольшей прибавкой к контрольному сорту Мотольская белая ( $351,7\text{ г/м}^2$ ) соответственно на 223,4; 175,7; 114,3 и 98,1  $\text{г/м}^2$ .

**Ключевые слова:** фасоль, образец, исходный материал, урожайность, элементы структуры, качество продукции, источники, селекция, фенотип.

The article presents four-year data on the evaluation of bean samples for a complex of economically valuable traits. We have described morphological features of samples and established their differences in seed color (white, brown, dark brown, pink-brown with a pattern, red-brown, cream-yellow with purple strokes, olive with a red spot, black), flower color (white, white-pink, pink and white-cream), the color of the leaves (light green, green, dark green), and the top of the plants (nutating or curling and ordinary).

The phenological features of the studied bean samples and their dependence on the year of the study were studied. Field germination and storage capacity of bean plants for harvesting were analyzed. We have conducted mathematical processing of the results obtained by the methods of variation and dispersion analysis. It was revealed that the elements of the yield structure vary to a moderate and strong degree ( $V=14.1-40.0\%$ ), plant height varies to a weak, medium and strong degree ( $V=7.2-27.1\%$ ), attachment height of the first bean – in a medium and strong degree ( $12.9-32.6\%$ ).

As a result of the assessment, sources were identified for creating varieties characterized by early maturity (Evrka, Zinulya and Moscow white), suitability for mechanized cultivation (Palanachki with a first bean attachment height of more than 15 cm (18.7 cm) and Shokoladnitsa with a nutating top), increased seed productivity (Preto). As sources for the creation of high-yielding bean varieties, it is recommended to use Tip-top, Palanachki, Shokoladnitsa and Borloto samples, which were characterized by the largest increase to the control variety Motolskaya white ( $351.7\text{ g/m}^2$ ), respectively, by 223.4; 175.7; 114.3 and 98.1  $\text{g/m}^2$ .

**Key words:** haricot bean, sample, source material, yield, structural elements, product quality, sources, selection, phenotype.

#### Введение

Уровень благосостояния каждой страны можно определить количеством белка, потребляемого на душу населения. По данным ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», норма потребления продукции бобовых культур должна составлять 13 кг на человека в год [1]. В развитии отечественного производства растительных белковых продуктов особый интерес представляет фасоль обыкновенная, как богатый источник растительных белков, углеводов, витаминов С, Е, РР, группы В, калия, фосфора, магния, железа и клетчатки [2].

Вкусному и полезному продукту нашлось место в кухнях всего мира. В зрелых семенах фасоли содержится 17–33 % белка, 0,8–3,6 % жира, 50–60 % крахмала, 5–8 % клетчатки.

В белке содержатся такие незаменимые аминокислоты, как аргинин 8,1–9,9 %, гистидин 2,3–3,6 %, лизин 3,4–5,7 %, метионин 1,7–1,9 %, тирозин 2,4–3,0 %, триптофан 0,8–1,8 %, цистин –1,6 %. Белок фасоли хорошо усваивается, по переваримости превосходит белок гороха и чечевицы [3, 4, 5, 6, 7].

В Беларуси возделывание фасоли ограничено целым рядом факторов объективных и субъективных причин, одним из которых является недостаточный уровень механизации в производстве, а также отсутствием достаточного сортового разнообразия [8].

В Государственном реестре сортов Республики Беларусь 2022 г. включено 24 сорта фасоли, из которых только 4 сорта зернового направления использования [9].

В связи с этим целью наших исследований было провести оценку образцов фасоли в питомнике исходного материала по комплексу хозяйственно полезных признаков.

### **Основная часть**

Селекционная работа с фасолью проводилась на опытном поле кафедры селекции и генетики УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2019–2022 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая, легкосуглинистая, подстилаемая с глубины 1 м моренным суглинком. По содержанию гумуса, элементов питания и кислотности она вполне пригодна для возделывания фасоли. Содержание гумуса составляет 2,2 %, подвижных форм фосфора 293 г, а обменного калия 215 г на 1 кг почвы. Кислотность почвы находится на уровне рН в КС1 6,4. Все показатели почвы опытного участка регулировались внесением фосфорно-калийных удобрений и известкованием. Метеорологические условия в годы проведения исследований значительно различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что отразилось на результатах исследований.

Закладка питомника исходного материала проводилась на делянках площадью 1 м<sup>2</sup>. Ширина междурядья – 30 см, глубина заделки семян 5–6 см, норма высева – 80 шт/м<sup>2</sup>. Посев проводили после зерновых культур в третьей декаде апреля – первой декаде мая, в зависимости от года исследований. Обработка почвы и внесение удобрений осуществлялись в соответствии с рекомендациями по возделыванию фасоли обыкновенной. Повторность однократная. Объектами исследований служили 13 образцов фасоли (Тип-топ, Сумпоращ, Незабудка, Прето, Паланачки, Эврика, Садовод, Мотыльская белая, Зинуля, Шоколадница, Иришка, Борлото, Московская белая), в качестве контроля использовался сорт Мотыльская белая. Основные учеты и наблюдения проводились в соответствии с методическими указаниями Госкомиссии по сортоиспытанию, математическую обработку проводили методом вариационного и дисперсионного анализов.

За посевами проводились фенологические наблюдения. За начало фазы принимали первый день, в который она зарегистрирована не менее чем у 10 % растений, а за массовое наступление – день, в который фаза отмечена не менее чем у 75 % растений. Фенофазы определяли визуально одновременно на всем опыте. Учитывались полевая всхожесть и сохраняемость на учетных делянках площадью 0,25 м<sup>2</sup>.

Структуру урожайности фасоли определяли по растительным пробам, отобраным за 1–2 дня до начала уборки делянок, где было подсчитано общее количество растений к уборке. Затем с пробного снопа, собранного с делянки, определяли продуктивность по 25 растениям. Уборку урожая проводили вручную. Урожайность учитывали сплошным методом.

Оценка образцов фасоли по морфологическим признакам показала, что наибольшее разнообразие они имели по окраске семян. Так, образцы Эврика, Зинуля, Мотыльская белая, Иришка, Московская белая характеризовались белой окраской семян, Паланачки и Садовод коричневой, Шоколадница – темно-коричневой, Борлото – розово-коричневой с красными разводами, Тип-топ – красно-коричневой, Незабудка – кремово-желтой с фиолетовыми штрихами, Сумпоращ – оливковой с красным пятнышком, а образец Прето – черной окраской семян. По окраске цветка все образцы разделились на белую (Эврика, Зинуля, Мотыльская белая, Иришка и Московская белая), бело-розовую (Паланачки, Сумпоращ, Тип-топ и Садовод), розовую (Шоколадница, Прето и Незабудка) и бело-кремовую (Борлото). Менее варьирующей от светло-до темно-зеленой оказалась окраска листьев у изучаемых вариантов.

Образец фасоли Шоколадница имел отличия по нутирующей (завивающейся) верхушке. Данный признак способствует устойчивости к полеганию за счет сцепления растений между собой и минимизации потерь при уборке. У других образцов завивающихся верхушек не отмечено. От полевой всхожести в значительной степени зависит качество посевов, рост, развитие и урожайность культуры. Полевая всхожесть семян зависит от посевных качеств, равномерности и глубины заделки, обеспеченности почвы теплом и влагой в период посев – всходы, а также от генотипа сорта. На сохраняемость растений значительное влияние оказывают метеорологические условия в период их роста и развития, а также устойчивость к болезням и вредителям. В наших исследованиях выявлены различия полевой всхожести как по годам, так и в зависимости от изучаемого образца фасоли. Так, в 2019 г. полевая всхожесть в зависимости от образца варьировала от 46 до 83 %, или от 37 до 65 шт/м<sup>2</sup> (табл. 1).

Наиболее низкими показателями характеризовались образец Зинуля (46 %, или 37 шт/м<sup>2</sup>) и сорта контроля Мотыльская белая (48 %, или 38 шт/м<sup>2</sup>), а наиболее высокими – Эврика (80 % или 64 шт/м<sup>2</sup>),

Прето (81 %, или 65 шт/м<sup>2</sup>) и Незабудка (83 %, или 66 шт/м<sup>2</sup>). Погодные условия 2020 г. в период посева характеризовались недостатком влаги, что отразилось на полевой всхожести. В зависимости от образца полевая всхожесть составила 35–96,3 %, или от 28 до 77 шт/м<sup>2</sup>. Наименьшее количество взошедших растений отмечено у образцов Зинуля (35,0 %, или 28 шт/м<sup>2</sup>), Прето и Мотольская белая (37,5 %, или 30 шт/м<sup>2</sup>), а наибольшее количество растений взошло у образцов Эврика (96,3 %, или 77 шт/м<sup>2</sup>), и Тип-топ (83,8 %, или 67 шт/м<sup>2</sup>).

Таблица 1. Характеристика образцов фасоли обыкновенной по полевой всхожести растений

Образец	Всхожесть									
	%					шт./м <sup>2</sup>				
	2019	2020	2021	2022	В среднем за 4 года	2019	2020	2021	2022	В среднем за 4 года
Эврика	80,0	96,3	75,0	80,0	82,8	64	77	60	64	66,3
Паланачки	79,0	56,3	92,5	92,5	80,1	63	45	74	74	64,0
Зинуля	46,0	35,0	22,5	90,0	48,4	37	28	18	75	39,5
Шоколадница	74,0	67,5	72,5	85,0	74,8	59	54	58	68	59,8
Сумпоращ	70,0	41,3	57,5	85,5	63,6	56	33	46	68	50,8
Борлотто	74,0	56,3	73,8	90,8	73,7	59	45	59	73	59,0
Тип-топ	79,0	83,8	93,8	85,8	85,6	63	67	75	69	68,5
Прето	81,0	37,5	86,3	85,3	72,5	65	30	69	68	58,0
Мотольская белая	48,0	41,3	46,3	85,3	55,2	38	33	37	68	44,0
Иришка	54,0	37,5	45,0	80,0	54,1	43	30	36	64	43,3
Садовод	70,0	62,5	91,3	85,3	77,3	56	50	73	68	61,8
Московская белая	63,0	37,5	25,0	85,0	52,6	50	30	20	68	42,0
Незабудка	83,0	50,0	85,0	100,0	79,5	66	40	68	80	63,5

В 2021 г. погодные условия были ниже средних многолетних показателей по количеству выпавших осадков и температуре. В связи с этим размах варьирования полевой всхожести увеличился и составил 22,5–93,8 %, или 18–74 шт/м<sup>2</sup>. Наименьшее количество взошедших растений отмечено у образцов Зинуля (22,5 %, или 18 шт/м<sup>2</sup>), Московская белая (25,0 %, или 20 шт/м<sup>2</sup>), а наибольшее количество растений взошло у образцов Садовод (91,3 %, или 73 шт/м<sup>2</sup>), Паланачки (92,5 %, или 74 шт/м<sup>2</sup>) и Тип-топ (93,8 %, или 75 шт/м<sup>2</sup>). Наиболее благоприятные условия для появления дружных всходов были отмечены в 2022 г., и полевая всхожесть находилась в пределах от 80 до 100 %, или от 64 до 80 шт/м<sup>2</sup>. В среднем за четыре года полевая всхожесть у изучаемых образцов составила 48,4–85,6 %. Наибольшая полевая всхожесть за годы исследований отмечена у образцов Эврика (82,8 %) и Тип-топ (85,6 %). К моменту уборки сохраняемость растений в 2019 г. варьировала в зависимости от образца от 25 до 68 % или от 35 до 64 шт/м<sup>2</sup> (табл. 2).

Таблица 2. Результаты оценки образцов фасоли обыкновенной по сохраняемости растений

Образцы	Сохраняемость									
	%					шт./м <sup>2</sup>				
	2019	2020	2021	2022	В среднем за 4 года	2019	2020	2021	2022	В среднем за 4 года
Эврика	100	98,7	100,0	95,3	98,5	64	76	60	61	65,3
Паланачки	83	93,3	67,6	86,5	82,6	52	42	50	64	52,0
Зинуля	95	100,0	94,4	77,3	91,7	35	28	17	58	34,5
Шоколадница	100	100,0	94,8	95,6	97,6	59	54	55	65	58,3
Сумпоращ	100	100,0	100,0	70,6	92,7	56	33	46	48	45,8
Борлотто	100	93,3	81,4	67,1	85,5	59	42	48	49	49,5
Тип-топ	89	97,0	82,7	98,6	91,8	56	65	62	68	62,8
Прето	88	83,3	92,8	61,8	81,5	57	25	64	42	47,0
Мотольская белая	100	93,9	97,3	72,1	90,8	38	31	36	49	38,5
Иришка	100	90,0	100,0	66,3	89,1	43	27	36	44	37,5
Садовод	100	96,0	93,2	72,1	90,3	56	48	68	49	55,3
Московская белая	86	83,3	100,0	54,4	80,9	43	25	20	37	31,3
Незабудка	58	100,0	91,2	95,0	86,1	38	40	62	76	54,0

Сохранившихся к уборке 100 % растений имели образцы Эврика, Шоколадница, Сумпоращ, Борлото, Мотольская белая, Иришка, Садовод. Количество сохранившихся растений к уборке в 2020 г. было в пределах 83,3–100,0 %, или 25–76 шт/м<sup>2</sup>. У образцов Зинуля, Шоколадница, Сумпоращ и Незабудка к уборке сохранилось 100 % растений.

В 2021 г. сохраняемость растений к уборке варьировала от 67,6 (Паланачки) до 100 % (Эврика, Сумпоращ, Иришка), а в 2022 г. этот показатель составил в зависимости от образца 54,4–98,6 %, или 37–68 шт/м<sup>2</sup>. Наибольшее количество сохранившихся растений отмечено у образцов Шоколадница (98,6 %) и Тип-топ (95,6 %).

В среднем за 4 года сохраняемость растений к уборке составила по образцам 80,9–98,5 %, или 31,3–65,3 шт/м<sup>2</sup>, более высокими показателями характеризовались образцы Шоколадница (97,6 %, или 58,3 шт/м<sup>2</sup>) и Эврика (98,5 %, или 65,3 шт/м<sup>2</sup>).

Различия метеорологических условий по годам оказывали влияние на сроки посева образцов, наступление и продолжительность фаз развития, длину вегетационного периода.

Так, посев коллекционного питомника проводился в 2019 г. – 26 апреля, в 2020 г. – 5 мая, в 2021 г. – 23 апреля и в 2022 г. – 28 апреля. Всходы появились в 2019 г. через 15–20 дней (11–16 мая), в 2020 г. – через 20 дней (25 мая), в 2021 г. – через 29–33 дня (22–26 мая) и в 2022 г. через 28–30 дней (26–31 мая).

Фаза цветения наступила 14 июня в 2019 г., в 2020 г. – 9 июля, в 2021 г. – с 22 по 31 июля и в 2022 г. – с 29 мая по 6 июня. Фаза созревания в зависимости от образца отмечена с 21 по 30 августа в 2019 г., с 25 августа по 10 сентября в 2020 г., с 5 сентября по 15 сентября в 2021 г. и с 25 августа по 5 сентября – в 2022 г. Во все годы исследований наиболее ранним наступлением фаз цветения и созревания характеризовался контрольный сорт Мотольская белая, а наиболее поздним образец Незабудка.

В зависимости от метеорологических условий и генотипа образца различия отмечены по длине вегетационного периода. Так, в 2019 г. метеорологические условия характеризовались обилием осадков и прохладной погодой, что способствовало увеличению длины вегетационного периода фасоли, который варьировал в пределах от 117 до 126 дней, в более теплом 2020 г. данный показатель был в пределах от 92 до 108 дней. В 2021 г. погодные условия были неблагоприятными для роста развития растений фасоли и вегетационный период составил 106–116 дней, оптимальные погодные условия для роста и развития фасоли были в 2022 г. с длиной вегетационного периода 88–99 дней (рис. 1).

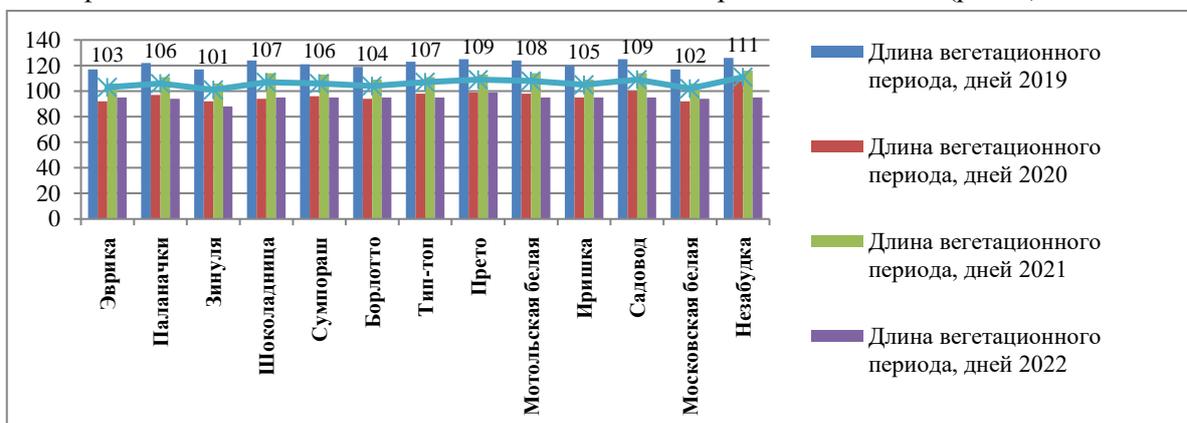


Рис. 1. Длина вегетационного периода у образцов фасоли обыкновенной

В среднем за 4 года исследований длина вегетационного периода варьировала от 101 до 111 дней. Наиболее скороспелыми за годы исследований оказались образцы Зинуля (101 день), Московская белая (102 дня) и Эврика (104 дня), более позднеспелыми были образцы Прето, Садовод (109 дней) и Незабудка (111 дней). Различия между образцами составили 1–10 дней.

Таким образом, в качестве источников скороспелости нами выделены образцы Эврика, Зинуля и Московская белая. Изучаемые образцы различались и по высоте растений, которая в зависимости от года исследований варьировала в пределах от 17,9 до 69,0 см (табл. 3).

Таблица 3. Высота растений и высота стебля до первого боба

Образец	2019		2020		2021		2022		среднее	
	растения	стебель	растения	стебель	растения	стебель	растения	стебель	растения	стебель
Эврика	64,0	14,6	37,1	12,5	30,2	9,7	27,0	11,9	39,5	12,2
Паланачки	62,0	18,8	45,6	24,1	32,6	10,1	31,5	21,9	42,9	18,7
Зинуля	35,0	13,0	33,6	12,1	27,6	8,1	17,9	12,5	28,5	11,4
Шоколадница	59,0	17,4	53,2	17,3	30,2	9,5	38,2	15,4	45,2	14,9
Сумпорап	65,0	15,0	34,3	9,5	29,2	9,2	21,2	9,6	34,4	10,8
Борлото	61,0	19,5	31,7	12,5	31,3	11,1	34,4	15,7	38,8	14,7
Тип-топ	69,0	13,0	42,8	13,6	32,8	9,8	26,5	15,1	42,4	12,9
Прето	57,0	16,0	50,2	11,2	29,7	9,1	36,0	10,9	43,2	11,8
Мотольская белая	59,0	20,0	32,0	10,7	30,2	8,5	23,0	10,1	36,1	12,3
Иришка	46,0	15,8	31,6	9,6	27,6	8,7	26,1	10,2	32,8	11,1
Садовод	60,0	16,6	32,5	12,2	31,5	10,2	22,0	12,1	36,5	12,8
Московская белая	53,0	16,4	28,2	7,4	25,2	6,5	21,5	9,0	31,9	9,8
Незабудка	38,0	15,8	31,3	15,0	31,1	10,1	23,8	12,9	31,1	13,5
X±S	56±10,3	16,3±2,2	37,2±8,0	12,9±4,2	29,9±2,1	9,3±1,2	26,9±6,3	12,9±3,5	34,8±5,3	12,8±2,3
V, %	18,4	13,5	21,5	32,6	7,2	12,9	23,5	27,1	14,1	17,8

Высота растений наибольшей была в 2019 г. и варьировала по образцам от 35,0 до 69 см. По годам в среднем высота образцов составила: в 2019 г. – 56,3±10,3., в 2020 г. – 37,2±8,0, в 2021 г. – 29,9±2,1 и в 2022 г. – 26,9±6,9 см. В среднем за 4 года исследований наиболее низкорослым оказался образец Зинуля (28,5 см, а высокорослым – Шоколадница (45,2 см). Коэффициент вариации в зависимости от года исследования находился в пределах от 7,2 до 23,5 %. Сильное варьирование высоты растений было отмечено в 2020 г. (21,5 %) и 2022 г. (23,5 %). В среднем за годы исследований варьирование было средним ( $V=14,1$  %).

Немаловажное значение при механизированной уборке фасоли имеет высота прикрепления первого боба на растении. В наших исследованиях высота прикрепления первых бобов варьировала как по годам, так и по образцам от 6,5 (2021 г. Московская белая) до 24,1 см (2020 г. Паланачки). В среднем за 4 года исследований наибольшая высота прикрепления первого боба отмечена у образцов Борлотто (14,7 см), Шоколадница (14,9 см) и Паланачки (18,7 см). Высоту прикрепления первого боба более 15 см имел образец Паланачки (18,7 см). Данные образцы могут служить источником для создания сортов пригодных к механизированной уборке.

Урожайность семян фасоли зависит от генотипа сорта и формируется за счет более высокого количества бобов в кисти и семян в бобе, более высокой по сравнению с другими сортами массы 1000 семян, а также количества растений на единице площади.

В среднем за 4 года исследований количество растений на единице площади варьировало от 33,2 (Московская белая) до 64,5 шт /м<sup>2</sup> (Тип-топ), в среднем по опыту количество растений на 1 м<sup>2</sup> составило 50,6±10,1 штук, варьирование признака среднее ( $V=19,9$  %) (табл. 4).

Таблица 4. Элементы структуры урожайности у образцов фасоли обыкновенной в среднем за 2019–2022 гг.

Образец	Количество растений, шт./м <sup>2</sup>	Количество бобов на одном растении, шт.	Количество семян в одном бобе, шт.	Количество семян с одного растения, шт.	Масса семян с одного растения, г	Масса 1000 семян, г
Эврика	63,9	8,0	3,0	23,4	9,1	387,4
Паланачки	56,0	4,5	3,7	17,6	12,0	699,2
Зинуля	42,4	7,9	3,0	23,7	7,4	319,0
Шоколадница	60,5	8,4	4,0	33,1	10,4	318,7
Сумпоращ	46,5	5,9	3,7	21,3	9,2	498,7
Борлотто	49,4	5,4	3,7	19,4	8,4	567,3
Тип-топ	64,5	5,9	3,3	20,0	10,2	511,4
Прето	45,4	12,1	4,7	55,4	9,9	278,7
Мотольская белая	42,0	7,3	3,5	25,7	11,6	442,1
Иришка	39,7	9,0	3,6	32,5	11,5	361,9
Садовод	53,2	6,7	3,1	20,7	8,4	417,5
Московская белая	33,2	9,3	4,4	41,7	14,2	352,9
Незабудка	61,4	5,5	3,7	20,0	7,2	436,4
$\bar{X} \pm S$	50,6±10,1	7,4±2,1	3,6±0,5	27,3±10,9	10,0±1,9	430,1±116,5
V, %	19,9	27,8	14,1	40,0	19,9	27,1

Количество бобов на одном растении было в пределах от 4,5 (Паланачки) до 12,1 шт. (Прето), признак варьировал в сильной степени ( $V=27,8$  %) В одном бобе фасоли в зависимости от образца формировалось от 3,0 (Зинуля) до 4,7 шт. семян (Прето), в среднем формировалось 7,4±2,1 шт. семян в одном бобе с коэффициентам вариации 14,1 %, варьирование признака среднее. Количество семян на одном растении варьировало в сильной степени ( $V=40,0$  %), в среднем по опыту данный показатель составил 27,3±10,9 шт. семян. Меньше всего семян с одного растения получено у образца Паланачки (17,6 шт.), а больше всего – у образца Прето (55,4 шт.). Масса семян с одного растения была наименьшей у образцов Незабудка (7,2 г) и Зинуля (7,4 г). Наибольшая масса семян с одного растения была у образцов Паланачки (12,0 г) и Московская белая (14,2 г). Варьирование данного признака среднее (19,9 %), в среднем масса семян с одного растения было 10,0±1,9 г. Наиболее мелкими семенами характеризовался образец Прето с массой 1000 семян 278,7 г, а самые крупные семена отмечены у образца Паланачки с массой 1000 семян 699,2 г, в среднем масса 1000 семян составила 430,1±116,5 г, с коэффициентом варьирования 27,1 %.

Таким образом, выделенные образцы, характеризующиеся наилучшими отдельными показателями элементов структуры урожайности, а также образец Прето, который характеризуется комплексом высоких показателей элементов структуры урожайности, можно использовать для селекции на повышение урожайности. Урожайность семян в 2019 г. в зависимости от образца составила 299,7–1178,2 г/м<sup>2</sup> (табл. 5). Все образцы, кроме Зинуля (257,2 г/м<sup>2</sup>) и Незабудка (299,7 г/м<sup>2</sup>), имели достоверное превышение в сравнении с контрольным сортом Мотольская белая (499,6 г/м<sup>2</sup>).

Таблица 5. Урожайность семян у образцов фасоли обыкновенной

Образец	Урожайность, г/м <sup>2</sup>					
	2019	2020	2021	2022	В среднем за 4 года	± к контролю
Эврика	506,4	302,6	228,0	528,3	391,3	+39,6
Паланачки	1178,2	269,2	190,0	472,3	527,4	+175,7
Зинуля	257,2	156,5	64,6	353,8	208,0	-143,7
Шоколадница	899,2	241,1	231,0	492,7	466,0	+114,3
Сумпораш	565,6	236,7	230,0	350,4	345,7	-6,0
Борлото	725,7	364,9	278,4	430,2	449,8	+98,1
Тип-топ	1099,1	403,2	341,0	457,0	575,1	+223,4
Прето	690,6	248,7	224,0	376,3	384,9	+33,2
Мотольская белая (St)	499,6	292,9	111,6	502,7	351,7	-
Иришка	476,4	194,1	176,4	451,4	324,6	-27,1
Садовод	677,9	336,2	312,8	308,7	408,9	+57,2
Московская белая	625,4	151,6	88,0	451,4	329,1	-22,6
Незабудка	299,7	169,4	155,0	594,3	304,6	-47,1
НСР <sub>05</sub>	69,14	72,04	48,59	27,75		

В 2020 г. сложились менее благоприятные условия для формирования семян у фасоли обыкновенной. Так наибольшая урожайность семян была получена у образцов Борлото (364,9 г/м<sup>2</sup>) Тип-Топ (403,2 г/м<sup>2</sup>), а наименьшая у сортов – Зинуля (156,5 г/м<sup>2</sup>) и Московская белая (151,6 г/м<sup>2</sup>). Достоверно превысил контрольный сорт Мотольская белая (292,9 г/м<sup>2</sup>) лишь образец Тип-топ (403,2 г/м<sup>2</sup>). В 2021 г. в прохладном и дождливом урожае урожайность фасоли была низкой и варьировала от 64,6 до 348,0 г/м<sup>2</sup>. Наибольшая урожайность была сформирована у образцов Красная шапочка (312,0 г/м<sup>2</sup>), Садовод (312,8 г/м<sup>2</sup>), Тип-топ (341,0 г/м<sup>2</sup>). Все образцы достоверно превысили контрольный сорт Мотольская белая, а образцы Зинуля и Московская белая находились на уровне контроля. Урожайность семян в 2022 г. варьировала от 308,7 до 594,3 г/м<sup>2</sup>. Образец Незабудка с урожайностью 594,3 г/м<sup>2</sup> достоверно превысил контроль.

Средняя урожайность семян за годы исследований варьировала от 208,0 до 571,5 г/м<sup>2</sup>. Наибольшая прибавка к контрольному сорту Мотольская белая с урожайностью 351,7 г/м<sup>2</sup> имели образцы Тип-топ (+223,4 г/м<sup>2</sup>), Паланачки (+175,7 г/м<sup>2</sup>), Шоколадница (+114,3 г/м<sup>2</sup>), Борлото (+98,1 г/м<sup>2</sup>), которые могут служить в качестве источников для создания высокоурожайных сортов фасоли обыкновенной.

### Заключение

Проведенная оценка образцов фасоли обыкновенной в коллекционном питомнике позволила выделить источники наиболее значимых хозяйственно полезных признаков и свойств. Источниками скороспелости могут служить образцы Эврика, Зинуля и Московская белая, источником для создания сортов пригодных к механизированной уборке образцы Паланачки с высотой прикрепления первого боба более 15 см (18,7 см) и Шоколадница, который имел нутирующую верхушку. Источниками повышенной семенной продуктивности Прето с количеством бобов на одном растении 12,1 шт., в одном бобе до 4,7 шт. семян, наибольшим количеством семян с одного растения получено 55,4 шт. В качестве источников для создания высокоурожайных сортов фасоли обыкновенной можно использовать образцы Тип-топ, Паланачки, Шоколадница и Борлото, которые характеризовались наибольшей прибавкой к контрольному сорту Мотольская белая (351,7 г/м<sup>2</sup>) соответственно 223,4; 175,7; 114,3 и 98,1 г/м<sup>2</sup>.

### ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобовые в технологии продуктов питания со взбивной структурой: монография / Н. И. Царева, Е. Н. Артемова. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2014 – 133 с.
2. Казыдуб, Н. Г. Селекция и семеноводство фасоли в южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. докт. с.-х. наук: 06.01.05 / Н. Г. Казыдуб; Тюмень, 2013 г. – 20 с.
3. Текиева, А. И. Урожайность сортов и линий фасоли в условиях Приазовской зоны Ростовской области / А. И. Текиева // Актуальные и новые направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур: материалы Междунар. научно-практ. конф., посвящ. юбилею профессора С. А. Бекузаровой, Владикавказ, 18 февраля 2012 г. / ФГБОУ ВПО «Горский госуд. аграрный университет», редкол.: В. Х. Темираева [и др.]. – Владикавказ, 2012. – С. 73–76.
4. Русских, И. А. Мобилизация, изучение и перспективы использования генетических ресурсов рода Phaseolus L. / И. А. Русских. // Минск: Красико-Принт, 2014. – 264 с.
5. Асадова, А. И. Бобовые как альтернативный источник белка в повседневном рационе человека / А. И. Асадова // Знание. – 2016. – № 6–1 (35). – С. 30–36.
6. Сачивка, Т. В. Оценка новых сортов фасоли овощной по основным хозяйственно полезным признакам / Т. В. Сачивка // Вестник Белорус. гос. с. х. академии. – 2017. – № 1. – С. 48–51.
7. Фасоль: раздел: Растениеводство – зерновые и зернобобовые культуры // Администратор хиты [Электронный ресурс]. – 2013. Режим доступа: <https://ogorodstvo.com/rasteniyevodstvo/zernovyye-i-zernovyye-bobovyye-kultury/fasol.html> – Дата доступа: 03.01.2022.
8. Оценка образцов фасоли обыкновенной по хозяйственно-ценным признакам и качеству зерна для селекции в южной лесостепи Западной Сибири: 06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений. – дис.... канд. сел. хоз. Омск Плетнева, М. М. – 2019 г. – 184 с.
9. Государственный реестр сортов / ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – отв. ред. В. А. Бейня. – Минск, 2022. – 303 с.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГУЛЯТОРА РОСТА «ПОЛЕ-АГРОВИТ R» ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОГУРЦА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

А. Н. ИВАНИСТОВ, Ю. Л. ТИБЕЦ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: nicgsha@baa.by

О. Н. ЖУК

УО «Полесский государственный университет»,  
г. Пинск, Республика Беларусь, 225710, e-mail: nadulich@mail.ru

(Поступила в редакцию 01.03.2023)

Учитывая ключевую роль биологических факторов в формировании плодородия почвы, одним из рациональных направлений развития устойчивых систем в агропромышленном секторе экономики многих стран оказалось внедрение в практику земледелия биотехнологий, основанных на применении биопрепаратов. Для стимуляции роста растений применяют различные микробные препараты, обогащающие ризосферу растений полезными микроорганизмами. Микроорганизмы, используемые для производства препаратов, обеспечивают растения не только элементами минерального питания, но и физиологически активными веществами (фитогормонами, витаминами и др.). Использование биопрепаратов при возделывании сельскохозяйственных культур получило в настоящее время особую актуальность поскольку вступил в силу Закон Республики Беларусь от 9 ноября 2018 г. №144-3 «О производстве и обращении органической продукции».

В статье представлены результаты исследования влияния препарата «Поле-Агровит R» на основе микроорганизма *Rhodococcus erythropolis* S18 БИМ В-1342Д в жидкой солевой питательной среде МТ-1 (титр КОЕ не менее  $1 \times 10^8$  КОЕ/мл) на урожайность и качество плодов огурца гибрида Кураж F1 в защищенном грунте. В настоящее время внимание исследователей во всем мире привлекает разработка биоудобрений, механизм полифункционального действия которых, связан с деятельностью микроорганизмов, как внесенных с биоудобрением, так и почвенных [1, 2]. Интродукция агрономически полезных микроорганизмов обеспечивает улучшение свойств и характеристик почвы. Позволяет выращивать экологически чистую продукцию, которая будет пользоваться спросом у потребителя. Это в свою очередь повышает рентабельность сельхозпредприятий за счет повышения урожайности и улучшения качества выращиваемой сельскохозяйственной продукции [3, 4].

**Ключевые слова:** почвенные микроорганизмы, *Rhodococcus erythropolis*, регулятор роста растений, препарат «Поле-Агровит R», контроль, урожайность, качество, огурец защищенного грунта, полевых и лабораторные опыты.

Taking into account the key role of biological factors in the formation of soil fertility, one of the rational directions for the development of sustainable systems in the agro-industrial sector of the economy of many countries was the introduction of biotechnologies based on the use of biological products into the practice of land use. To stimulate plant growth, various microbial preparations are used that enrich the plant rhizosphere with beneficial microorganisms. Microorganisms used for the production of preparations provide plants not only with elements of mineral nutrition, but also with physiologically active substances (phytohormones, vitamins, etc.). The use of biological products in the cultivation of crops has now gained particular relevance since the Law of the Republic of Belarus of November 9, 2018 No. 144-3 "On the production and circulation of organic products" has come into force.

The article presents the results of a study of the effect of the drug "Pole-Agrovit R" based on the microorganism *Rhodococcus erythropolis* S18 BIM V-1342D in liquid salt nutrient medium MT-1 (CFU titer not less than  $1 \times 10^8$  CFU/ml) on the yield and quality of hybrid cucumber fruits Courage F1 in protected ground.

Currently, the attention of researchers around the world is attracted by the development of biofertilizers, the mechanism of the multifunctional action of which is associated with the activity of microorganisms, both introduced with biofertilizer and soil.

The introduction of agronomically beneficial microorganisms improves soil properties and characteristics. It allows you to grow environmentally friendly products that will be in demand by the consumer. This, in turn, increases the profitability of agricultural enterprises by increasing productivity and improving the quality of agricultural products [3, 4].

**Key words:** soil microorganisms, *Rhodococcus erythropolis*, plant growth regulator, Pole-Agrovit R preparation, control, productivity, quality, greenhouse cucumber, field and laboratory experiments.

### Введение

В Госреестре Республики Беларусь в разделе «Регуляторы роста растений» зарегистрировано более 100 препаратов для обработки растений и семян на основе биологически активных веществ.

Регуляторы роста в сельском хозяйстве привлекают все большее внимание производителей. Это направление хорошо развито в зарубежных странах, в основном, в овощеводстве и плодоводстве, принося немалые прибыли. Уровень развития агрокомплекса нуждается в развитии таких технологий и не только для названных отраслей. Наиболее распространенными в этом сегменте агрохимикатов являются регуляторы роста на основе гуминовых кислот, содержащие фитогормоны, а также препараты на основе микроорганизмов. Действие таких препаратов направлено на стимулирование ростовых процессов (особенно в период прорастания и на ранних фазах роста), повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды (засуха, заморозки и др.), усиление иммунитета растений (повышение устойчивости к патогенам), а также нивелирование стресса, вызванного применением пестицидов (в том числе в осложненных погодных условиях) [3].

В организме растений присутствуют физиологически активные вещества – фитогормоны, различающиеся принципом и механизмом влияния на их рост и развитие. Они синтезируются из органических кислот в отдельных частях и распространяются по всему растению, регулируя обмен веществ, вызывая

ростовые (ускорение или замедление) или формативные эффекты (дефолиация). Именно за счёт передвижения гормонов достигается взаимовлияние органов и целостность растения. Изменения в интенсивности синтеза одного из фитогормонов, вызванные внутренними или внешними причинами, приводят к ответной реакции растения – переходу к другому характеру ростовых или формообразовательных процессов. Потребность растения в гормонах составляет  $10\text{--}13 \times 10^{-5}$  моль/л.

В природе стимуляторы и ингибиторы действуют сообща. В зависимости от фазы развития культуры и условий окружающей среды активизируется действие одного из фитогормонов. Когда его функция выполнена либо состояние окружающей среды меняется, то в действие включается другой фитогормон [4].

Человек научился использовать эти соединения, чтобы стимулировать или ингибировать (тормозить) процессы роста и развития растений с целью снижения рисков в достижении требуемого результата. При грамотном подборе регуляторы роста способны сгладить последствия стресса растений, с которыми не может справиться агрохимия, а также сдвинуть заложенный природой баланс фитогормонов в нужную сторону, ускорить или замедлить развитие и созревание, повысить урожайность и качество, продлить сроки хранения плодов и т. д.

Комплексные микробиологические препараты выполняют следующие действия: повышают содержание агрономически полезных микроорганизмов в почве; оздоравливают почву, так как сдерживают рост фитопатогенов, увеличивая число микробов-антагонистов; улучшают структуру почвы; способствуют улучшению минерального питания растений; выделяют биологически-активные вещества и стимулируют рост растений, повышают иммунитет растений и урожайность; улучшают качество плодов.

Однако следует помнить, что все микробные препараты содержат живые организмы и необходимо очень четко соблюдать условия их применения. Внесение препаратов в почву или распыление по растениям следует проводить утром или после дождя, но ни в коем случае не в солнечную погоду, так как солнечные лучи губительно действуют на микроорганизмы и могут снизить эффективность препаратов. На развитие микроорганизмов влияет и температура, поэтому вносить препарат в почву желательно в тёплую погоду. Опрыскивание растений должно быть мелкодисперсным, так как крупные капли легко скатываются с поверхности листьев.

Эффективность любых микробных препаратов увеличивается при одновременном использовании органических удобрений и соблюдении севооборотов [5].

Создание эффективных биологических регуляторов роста растений сегодня относят к актуальному направлению научного поиска – нанотехнологиям, поскольку в маленьких дозах (мг или г на 1 гектар) они влияют на ростовые процессы и могут защитить растения от различных стрессов. Препараты на основе физиологически активных веществ и микроорганизмов, способных их вырабатывать, используются для обработки посадочного материала, листовой и корневой подкормки, опрыскивания завязей, плодов и т.д. Они выпускаются в форме водных растворов, аэрозолей, паст и эмульсий. К стимуляторам роста относят и препараты на основе микроорганизмов. К таким препаратам относится и регулятор роста «Поле-Агровит R», действие которого изучалось при возделывании овощных, ягодных и зерновых культур на опытных полях УО БГСХА.

Цель исследований – оценка эффективности препарата «Поле-Агровит R» при выращивании огурца в защищенном грунте и выработка рекомендаций по применению препарата.

#### **Основная часть**

Учеными УО «Полесский государственный университет» из почвы был выделен штамм и зарегистрирован в Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» как штамм *Rhodococcus erythropolis* S18 (БИМ В-1342Д). *Rhodococcus erythropolis* – аэробные, грамм-вариабельные неподвижные актиномицеты, частично кислотоустойчивые и спиртоустойчивые на некоторых этапах цикла роста [6, с. 118]. Наибольшее количество штаммов отлично растет на мясопептонном агаре при температуре 25–30 °С. При культивировании на среде МПА при 28 °С в течение 96 часов культура приобретает вид блестящих слизистых колоний, с гладкими ровными краями, бежевого цвета, диаметром 2–4 мм, консистенция тягучая. При росте в солевой жидкой питательной среде МТ-1 формируются поверхностные колонии в виде тонких пленок, толщиной 2–3 мм светлосерого цвета. На среде Эшби через 36 часов образуются слизистые колонии серовато-белого цвета, размером около 3 мм, а через 96 часов роста цвет изменяется на кремовый.

Оценка эффективности применения препарата проводилась на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА. Для выращивания огурца защищенного грунта использовались арочные поликарбонатные теплицы длиной 50 м и шириной 7 м, оснащенные системой капельного орошения. Температурный режим в теплице регулировался с помощью проветривания. Почва опытного участка в защищенном грунте дерново-подзолистая; легкосуглинистая; содержание гумуса (%): 1,85; кислотность почвы: 6,6; обеспеченность макро- и микроэлементами:  $P_2O_5$  – 296 и  $K_2O$  – 239 мг/кг почвы. Агротехника общепринятая для огурца защищенного грунта. Уход за растениями заключался в ручной прополке, подвязывании на шпалере и формировании растений в один стебель, капельный выполнялся полив 3–4 раза в неделю. В качестве эталонного препарата использовался регулятор роста Ростмомент, ВГ (дрожжи р. *Saccharomyces* и продукты их метаболизма),

ОАО «Дрожжевой комбинат», Беларусь. Растения высаживали в 4-кратной повторности, учетная площадь делянки составляла 5 м<sup>2</sup>. Полив растений огурца производился 1 % рабочим раствором препарата в фазу 2 настоящих листьев культуры, повторный полив через 21 день в фазу 5–6 настоящих листьев. Методы проведения полевых и лабораторных опытов соответствовали современным требованиям научных исследований, что обеспечило достоверность результатов и позволило получить полную и объективную информацию для соответствующих выводов по результатам исследований.

По отношению к контролю (вариант без применения регулятора роста) в варианте опыта с применением регулятора роста препарата «Поле-Агровит Р» производства УО «Полесский государственный университет» (Беларусь) в плодах огурца отмечено увеличение содержания витамина С на 3,9 мг/100 г (достоверно при НСР<sub>05</sub>) (табл. 1), по отношению к эталону превышение содержания витамина С было не существенным (+1,4 мг/100 г). По показателю «сумма сахаров» вариант с испытуемым препаратом превосходил как контроль, так и эталон соответственно на 0,46 до 0,61 п.п. (достоверно при НСР<sub>05</sub>). Меньше всего нитратов в продукции было отмечено в контрольном варианте – 19,4 мг/кг, содержание нитратов было достоверно выше как в варианте с испытуемым регулятором «Поле-Агровит Р» (24,5 мг/кг) так и в варианте с эталоном Ростмомент, ВГ (28,6 мг/кг). Следует отметить, что уровень накопления нитратов в продукции во всех вариантах опыта был низким (ПДК для огурца защищенного грунта – 300 мг/кг). Значительных изменений в содержании азота, фосфора и калия в варианте с испытуемым регулятором роста по сравнению с контролем и эталоном не отмечено.

Таблица 1. Влияние регуляторов роста на биохимические показатели качества продукции огурца защищенного грунта 2022 г.

Вариант	Витамин С, мг/100 г	Сумма сахаров, %	Нитраты, мг/кг	Н, %	Р, %	К, %
1. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17,6	1,66	19,4	0,11	0,077	0,22
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + эталон Ростмомент, ВГ	20,1	1,51	28,6*	0,14	0,078	0,27
3. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + препарат «Поле-Агровит Р»	21,5*	2,12*	24,5*	0,12	0,076	0,25
НСР <sub>05</sub>	3,41	0,42	5,24	–	–	–

\* – достоверное превышение показателя контрольного варианта при НСР<sub>05</sub>.

Учет урожайности и структуры урожая проводился в динамике с 10.07.2022 по 25.08.2022 г. Урожайность огурца по факту суммы сборов за период плодоношения культуры в контрольном варианте опыта без применения регулятора роста составила 9,6 кг/м<sup>2</sup> (табл. 2). Применение регулятора роста препарата «Поле-Агровит Р» производства УО «Полесский государственный университет» (Беларусь) обеспечило максимальную урожайность в опыте на фоне общего минерального питания – 13,2 кг/м<sup>2</sup> и достоверное превышение урожайности по отношению к контрольному варианту (+ 3,6 кг/м<sup>2</sup>).

Урожайность в варианте с эталоном составила 12,4 кг/м<sup>2</sup>, что достоверно (на 2,8 кг/м<sup>2</sup>) выше, чем в контрольном варианте и на 0,8 кг/м<sup>2</sup> ниже урожайности испытуемого регулятора роста. Вариант с применением регулятора роста препарата «Поле-Агровит Р» имел высокую товарность огурца – 96 %, аналогичный показатель в контрольном варианте составлял 94 %, в варианте с эталоном – 98 %.

Таблица 2. Влияние регуляторов роста на урожайность огурца в УО БГСХА, 2022 г.

Вариант	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Прибавка урожая к контролю, кг/м <sup>2</sup>	Урожайность к эталону, кг/м <sup>2</sup>	Товарность, %
1. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	9,6	–	-2,8	94
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + эталон Ростмомент, ВГ	12,4	2,8	-	98
3. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + препарат «Поле-Агровит Р»	13,2	3,6	0,8	96
НСР <sub>05</sub>	1,78			

### Заключение

Таким образом, применение регулятора роста препарата «Поле-Агровит Р» производства УО «Полесский государственный университет» (Беларусь) обеспечило максимальную урожайность среди вариантов опыта, достоверно превысило урожайность плодов огурца защищенного грунта контрольного варианта опыта (+3,6 кг/м<sup>2</sup>), имея высокий показатель товарности 96 %.

Среди прочих показателей немаловажно отметить положительное влияние испытуемого регулятора роста на такие показатели качества продукции как содержание витамина С, сумму сахаров, что позволяет сделать вывод о целесообразности применения препарата «Поле-Агровит Р» при выращивании огурца защищенного грунта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Дятлова, К. Д. Микробные препараты в растениеводстве / К. Д. Дятлова // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7, №. 5. – С. 17–22.
2. Архипченко, И. А. Возможные направления использования биоудобрений в биологическом земледелии и для улучшения окружающей среды / А. И. Архипченко // Научные основы и практические рекомендации по использованию биоудобрений из отходов животноводства для биологического земледелия; под ред. И. А. Архипченко. – Санкт-Петербург, 2005. – 40–42 с.
3. Salter, C. E. and C. A. Edwards. The Production of Vermicompost Aqueous Solutions or Teas. In: Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management, ed. C. A. Edwards, N. Q. Arancon and R. Sherman, CRS Press, Taylor and Francis Group. – 2011. – P. 153–164.
4. Терещенко, Н. Н. Биоудобрения на основе микроорганизмов: учебное пособие / Н. Н. Терещенко. – Томск, 2003. – 60 с.
5. Прикладная экибиотехнология: учебное пособие: в 2 т. Т. 1 / А. Е. Кузнецов [и др.]. – 2-е изд. (эл.). – 2012. – М. – 629 с.
6. Ivshina, I. V. Novel and ecologically safe biosurfactants from Rhodococcus / I. V. Ivshina, J. C. Philp, M. S. Kuyukina, N. Christofi. // Abstr. – Cobiotech. – Moscow, 1996. – 350 p.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНГИЦИДА ОРОНДИС УЛЬТРА В БОРЬБЕ С ПЕРОНОСПОРОЗОМ ЛУКА

В. Р. КАЖАРСКИЙ, С. Н. КОЗЛОВ, А. В. ИСАКОВ, Д. Н. ПРОКОПЕНКОВ,  
Н. А. КОЗЛОВ, А. М. КАРПИЦКИЙ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: v.kazharski@gmail.com

(Поступила в редакцию 03.03.2023)

Список фунгицидов, разрешенных для защиты овощных культур от заболеваний, вызванных представителями семейства *Peronosporaceae* из отдела *Oomycota*, в Беларуси насчитывает около 10–15 препаратов. В последние годы мировой перечень действующих веществ, пригодных для сдерживания пероноспорозных грибов, пополнился двумя фунгицидами из нового химического класса пиперидинил-тиазол-изоксазолинов, – оксатиапипролин и флуоксапипролин. В реестр средств защиты растений Беларуси включено три препарата, созданных на их основе. Из них для защиты овощных культур, в частности лука и томата, регистрация имеется только у одного – Орондиса Ультра, СК [2]. Вопрос эффективности препаратов данного химического класса в условиях северо-востока Беларуси изучен недостаточно.

Согласно экспериментальным данным, полученным в ходе полевых опытов 2021 и 2022 гг., установлено, что препараты, основанные на действующем веществе оксатиапипролин, показывают свое превосходство по уровню биологической и хозяйственной эффективности над традиционно используемыми фунгицидами. Трехкратное применение Орондис Ультра, СК в нормах расхода 0,5 и 0,6 л/га обеспечивает надежный контроль пероноспороза в течение вегетации и по годам. Уровень биологической эффективности основную часть вегетации культуры составлял 80–100 %, что значительно выше, чем при применении Ревуса, СК и Ридомила Голд МЦ, ВДГ. Средний за два года исследованных уровень сохраненного урожая от Орондис Ультра, СК в нормах 0,5 и 0,6 л/га составил 47,05 и 49,85 ц/га, что на 19,3–24,65 ц/га выше, чем при использовании традиционных фунгицидов Ревус, СК и Ридомил Голд МЦ.

**Ключевые слова:** пероноспороз, лук, Орондис Ультра, оксатиапипролин, биологическая эффективность, урожайность.

The list of fungicides allowed in Belarus to protect vegetable crops from diseases caused by representatives of the *Peronosporaceae* family from the *Oomycota* division includes about 10–15 drugs. In recent years, the world list of active substances suitable for deterring peronospora fungi has been replenished with two fungicides from a new chemical class of piperidinyl-thiazole-isoxazolines – oxathiapiprole and fluoxapiprole. The register of plant protection products of Belarus includes three preparations created on their basis. Of these, for the protection of vegetable crops, in particular onions and tomatoes, only one has registration – Orondis Ultra, suspension concentrate. The question of the effectiveness of drugs of this chemical class in the conditions of the north-east of Belarus has not been studied enough.

According to the experimental data obtained during field tests in 2021 and 2022, it was found that preparations based on the active substance of oxathiapiprole show their superiority in terms of biological and economic efficiency over traditionally used fungicides. Triple application of Orondis Ultra, SC at the rate of 0.5 and 0.6 l/ha provides reliable control of peronosporosis during the growing season and over the years. The level of biological efficiency during the main part of the crop vegetation was 80–100 %, which is significantly higher than when using Revus, SC and Ridomil Gold MC, water-dispersed granules. The average level of the saved crop from Orondis Ultra, SC in the norms of 0.5 and 0.6 l/ha for two years of research was 4.705 and 4.985 t/ha, which is 1.93–2.465 t/ha higher than when using traditional fungicides Revus, SC and Ridomil Gold MC.

**Key words:** peronosporosis, onion, Orondis Ultra, oxathiapiprole, biological effectiveness, productivity.

### Введение

Особое таксономическое положение грибов семейства *Peronosporaceae* (пероноспорозные) из отдела *Oomycota*, возбудителей таких болезней, как ложная мучнистая роса лука, капусты, огурца, свеклы и других культур, фитофтороз картофеля и томатов, милдью винограда, фактически ежегодно наносящих огромный вред урожаю и его качеству, по сути, предполагает наличие особенностей в их метаболизме, а соответственно указывает на «уникальность» фунгицидов, способных эффективно сдерживать эти заболевания. Возбудители этих болезней за сезон формируют серию бесполок спороношений и в условиях влажного климата Беларуси, рос, туманов и дождей, часто приобретают стремительное, эпифитотийное течение. Такое положение вещей требует внимательного мониторинга и продолжительной защиты: иногда до двух месяцев и более в зависимости от продолжительности вегетации культуры, инфекционной нагрузки, восприимчивости сорта и погодных условий [5, 6].

Перечень фунгицидов, включенных в реестр СЗР Беларуси для защиты от болезней, вызванных пероноспорозными грибами, насчитывает около 40 препаратов. Многие из них включены в реестр СЗР для контроля фитофтороза только на картофеле. Для защиты от фитофтороза томатов, пероноспорозов лука и огурца список разрешенных фунгицидов составляет около 10–15 препаратов. Против пероноспороза капусты зарегистрирован лишь один препарат, а против милдью винограда препараты отсутствуют [2, 5, 6].

Поскольку защитный период противпероноспорных фунгицидов составляет около 7–14 дней, а гарантированное сдерживание заболеваний достигается лишь при своевременном начале защитных обработок, тактика их контроля предусматривает серии опрыскиваний фунгицидами, чередующимися с позиции антризистентной стратегии [4, 7, 8, 10, 11].

Целый ряд фунгицидов против пероноспороза и фитофтороза создан на основе таких действующих веществ как металаксил/мефеноксам (группа FRAC 4, действующая на метаболизм нуклеиновых кислот грибов), манкоцеб (группа FRAC M 03 многофункциональной контактной активности) и флуазинам (группа FRAC 29, действующая на процесс дыхания путем разобщения окислительного фосфорилирования). Хорошо известен тот факт, что риск развития резистентности к таким веществам, как металаксил (он же мефеноксам), оценивается как высокий и очень высокий. Манкоцеб и флуазинам относятся к химическим группам с низким риском развития резистентности, но они являются контактными препаратами, которые не обладают лечебными свойствами, и не обеспечивают гарантированного эффекта в дождливых условиях.

Появление нового класса пиперидинил-тиазол-изоксазолинов (группа FRAC 49) стало значимым моментом в химии пестицидов для защиты растений против пероноспорных грибов. Действующие вещества из этой группы обладают системными свойствами, влияют на транспорт и запасание стеринных мембран через оксистерол-связывающий белок, вызывают остановку роста мицелия гриба и ростковых трубок спор и в дальнейшем гибель гриба. На сегодняшний день в реестре Беларуси имеются лишь два действующих вещества из данной группы (оксатиапипролин и флуоксапипролин) и три созданных на их основе фунгицида (на основе первого – Зорвек Энкантия, Орондис Ультра, на основе второго – Камбалио Смарт). Для защиты овощных культур, в частности лука и томата, регистрация имеется только у одного – Орондиса Ультра, СК (мандипропамид, 250 г/л + оксатиапипролин, 30 г/л). Комбинация трансламинарного мандипропамида из химического класса манделаминов (группа FRAC 40, действующая на биосинтез клеточной стенки) с заведомо низким риском резистентности к нему грибов и нового малоизученного системного оксатиапипролина из вышеупомянутого класса пиперидинил-тиазол-изоксазолинов, подает надежды на получение высокого эффекта [5, 6, 7, 11].

Цель работы заключалась в оценке биологической и хозяйственной эффективности современных фунгицидов в посадках лука репчатого.

#### **Основная часть**

Для оценки биологической и хозяйственной эффективности в отношении пероноспороза лука в условиях УНЦ «Опытные поля БГСХА» Горецкого района Могилевской области в 2021 и 2022 гг. проводился мелкоделяночный полевой опыт. Почва участка дерново-подзолистая, легкосуглинистая. Показатель pH – 5,8, содержание гумуса – 1,62 %, обеспеченность  $P_2O_5$  и  $K_2O$  – 180 и 230 мг/кг почвы соответственно. Лук сорта Стурон в опыте возделывался из севка по общепринятой технологии. Предшественники – клевер луговой в 2021 г. и озимая тритикале в 2022 г. Посадка севка была проведена вручную в 2021 г. – 29 апреля, а в 2022 г. – 10 мая с нормой высадки соответственно 200 и 250 тыс. шт/га.

Методика закладки и проведения опыта общепринятая в агрономии [3, 9]. Повторность опыта четырехкратная. Расположение делянок рендомизированное. Площадь делянки 16 м<sup>2</sup>. Обработка почвы включала зяблевую вспашку на глубину 22–25 см оборотным плугом, предпосадочную культивацию АКШ-6,01. Общий агрофон для закладки всех вариантов был следующим:  $N_{46}P_{60}K_{90}$ . Уход включал применение гербицидов Стомп Професионал, МКС, 3,2 л/га (после посадки – до всходов), Боксер, КЭ, 2,0 л/га (двукратно), Агрон, ВР, 0,2 л/га и Шогун, КЭ, 2,0 л/га.

Опыт проводился по следующей схеме:

1. Контроль (без обработки фунгицидом);
2. Орондис Ультра, СК (мандипропамид, 250 г/л + оксатиапипролин, 30 г/л), 0,5 л/га;
3. Орондис Ультра, СК (мандипропамид, 250 г/л + оксатиапипролин, 30 г/л), 0,6 л/га;
4. Ревус, СК (мандипропамид, 250 г/л), 0,6 л/га;
5. Зорвек Энкантия, СЭ (фамоксадон, 300 г/л + оксатиапипролин, 30 г/л), 0,5 л/га;
6. Ридомил Голд МЦ, ВДГ (мефеноксам, 40 г/кг + манкоцеб, 640 г/кг), 2,5 кг/га.

Зорвек Энкантия, СЭ в Беларуси не зарегистрирован для применения на луке (рекомендован для применения на картофеле против фитофтороза). В схему опыта включен из научных соображений в качестве эталона, поскольку данный фунгицид, как и испытуемый Орондис Ультра, СЭ, содержит тот же действующий компонент, – оксатиапипролин.

Фунгициды в опыте вносились трехкратно ранцевым опрыскивателем. Норма расхода рабочей жидкости – 300 л/га.

В первый год исследований фунгициды были внесены: 05.07.2021 (начало утолщения луковицы), 15.07.2021 (50 % диаметра луковицы) и 25.07.2021 (70 % диаметра луковицы). Учеты пероноспороза были проведены: 05.07.2021, 15.07.2021, 24.05.2021, 01.08.2021, 08.08.2021 и 15.08.2021.

Во второй год исследований фунгициды были внесены: 04.07.2022 (начало утолщения луковицы), 14.07.2022 (40 % диаметра луковицы) и 25.07.2022 (70 % диаметра луковицы). Учеты болезни проведены: 04.07.2022, 14.07.2022, 24.07.2022, 31.07.2022, 07.08.2022, 14.08.2022, 21.08.2022.

Вегетационный период 2021 г. характеризовался прохладной дождливой весной, жаркими засушливыми первыми летними месяцами и дождливым теплым августом. Метеоусловия вегетационного периода 2022 г. характеризовались затяжной, дождливой и холодной весной, обилием осадков в начале лета и их дефицитом в середине и конце на фоне высоких температур.

Согласно программе эксперимента, первая обработка фунгицидами, проведенная 5 июля 2021 г., носила профилактический характер. Спустя 10 дней, в день второго внесения фунгицидов (15.07.2021), развитие ложной мучнистой росы на контрольных делянках составило 5,25 %. На делянках, где вносился Орондис Ультра, СК (0,5–0,6 л/га), развитие пероноспороза составило 0,88–1,0 %, а биологическая эффективность оказалась на уровне 81,0–83,3 %. Биологическая эффективность у препарата Зорвек Энкантia, СЭ (0,5 л/га) составила 76,2 %. При применении Ревуса, СК (0,6 л/га) и Ридомила Голд, ВДГ (2,5 кг/га) развитие болезни на делянках составило 2,0 и 2,25 %, а показатель эффективности был получен в размере 61,9 и 57,1 % соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Биологическая эффективность фунгицидов против пероноспороза на луке репчатом (УНЦ «Опытные поля БГСХА», Горький район Могилевской обл., 2021 г.)

Вариант	Дата учета	Развитие, %	Биологическая эффективность, %
Без обработки фунгицидом	05.07.2021 (1-е внесение)	0	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)		0	–
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)		0	–
Ревус, СК (0,6 л/га)		0	–
Зорвек Энкантia, СЭ (0,5 л/га)		0	–
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)		0	–
Без обработки фунгицидом	15.07.2021 (2-е внесение)	5,25	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)		1,0	81,0
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)		0,88	83,3
Ревус, СК (0,6 л/га)		2,0	61,9
Зорвек Энкантia, СЭ (0,5 л/га)		1,25	76,2
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)		2,25	57,1
Без обработки фунгицидом	25.07.2021 (3-е внесение)	14,0	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)		3,0	78,6
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)		2,75	80,4
Ревус, СК (0,6 л/га)		4,75	66,1
Зорвек Энкантia, СЭ (0,5 л/га)		2,75	80,4
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)		6,25	55,4
Без обработки фунгицидом	01.08.2021	21,0	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)		4,75	77,4
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)		4,25	79,8
Ревус, СК (0,6 л/га)		8,25	60,7
Зорвек Энкантia, СЭ (0,5 л/га)		4,75	77,4
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)		10,0	52,4
Без обработки фунгицидом	08.08.2021	31,25	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)		7,25	76,8
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)		7,0	77,6
Ревус, СК (0,6 л/га)		13,75	56,0
Зорвек Энкантia, СЭ (0,5 л/га)		7,25	76,8
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)		16,5	47,2
Без обработки фунгицидом	15.08.2021	40,75	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)		10,0	75,5
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)		9,0	77,9
Ревус, СК (0,6 л/га)		19,5	52,1
Зорвек Энкантia, СЭ (0,5 л/га)		9,75	76,1
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)		21,5	47,2

Перед третьей обработкой (25.07.2021) в контроле развитие заболевания составило 14,0 %. Применение двукратно препарата Орондис Ультра, СК (0,5 л/га) позволило на 78,6 % снизить развитие пероноспороза, а в норме 0,6 л/га – на 80,4 %. Такая же биологическая эффективность оказалась и у

варианта, где вносился Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га). Существенно вышеназванным фунгицидам уступали препараты Ревус, СК (0,6 л/га) и Ридомил Голд, ВДГ (2,5 кг/га), снизившие степень поражения листового аппарата лука репчатого на 66,1 и 55,4 % соответственно.

Через неделю после третьей обработки (01.08.2021) пероноспороз поразил 21,0 % ассимиляционной поверхности лука в контрольном варианте. Как и при предыдущих учетах, фунгицид Орондис Ультра, СК в обеих нормах расхода и фунгицид Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га) очень эффективно сдерживали развитие пероноспороза – 77,4–79,8 %. Развитие болезни на делянках, где применялся Ревус, СК (0,6 л/га), составило 8,25 %, а где Ридомил Голд, ВДГ (2,5 кг/га) – 10,0 %. При этом показатель биологической эффективности получен в размере 60,7 % у фунгицида Ревус, СК и 52,4 % – у фунгицида Ридомил Голд, ВДГ.

К следующему учету (08.08.2021) отмечался дальнейший рост развития болезни – в контроле до 31,25 %. Под действием трехкратного применения Орондиса Ультра, СК в норме 0,5 л/га развитие болезни снизилось на 76,8 % и на 77,6 % – при норме 0,6 л/га. Сопоставимый эффект получен при использовании фунгицида Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га) – 76,8 %. Биологическая эффективность Ревуса, СК (0,6 л/га) составила 56,0 %. Как и при предыдущих учетах, наименьшая биологическая эффективность отмечена в варианте с Ридомилом Голд, ВДГ (2,5 кг/га) – всего 47,2 %.

Через 21 день после последнего применения фунгицидов пораженность листьев пероноспорозом в контроле составила 40,75 %. В варианте с Ридомилом Голд, ВДГ данный показатель составил 21,5 %, а с Ревусом, СК – 19,5 %. В результате биологическая эффективность составила соответственно 47,2 и 52,1 %. При трехкратном применении Орондиса Ультра, СК в норме 0,5 л/га развитие заболевания было снижено на 75,5 %, а в норме 0,6 л/га – на 77,9 %. В результате к уборке развитие пероноспороза на защищаемых делянках составило соответственно 10,0 и 9,0 %. Данные показатели оказались на уровне варианта с Зорвеком Энкантия, СЭ, составившие 9,75 и 76,1 % соответственно.

Во второй год исследований профилактическая обработка проведена 4 июля 2022 г. На момент второго применения фунгицидов, проведенного через 10 дней после первого, на делянках, где применялись фунгициды, пероноспороз отсутствовал, а в контроле были отмечены первые признаки болезни (1,25 %). К третьему внесению фунгицидов пораженность листьев ложной мучнистой росой в контрольном варианте составила 4,75 %. Биологическая эффективность всех применявшихся в опыте фунгицидов составила 100 % (табл. 2).

Через неделю после последнего внесения препаратов развитие изучаемой болезни в контроле составило 10,25 %. На делянках, где использовались фунгициды Орондис Ультра, СК и Зорвек Энкантия, СЭ, признаки болезни отсутствовали, а где применялись фунгициды Ревус, СК и Ридомил Голд МЦ, ВДГ, отмечены первые симптомы пероноспороза.

При следующем учете (07.08.2022) развитие пероноспороза в сравнении с предыдущим учетом возросло в два раза и достигло 20,5 %. В вариантах с Орондисом Ультра, СК (0,5–0,6 л/га) и Зорвеком Энкантия, СЭ (0,5 л/га) выявлены признаки ложной мучнистой росы на уровне 1,5–2,0 %. В варианте, где применялся Ревус, СК (0,6 л/га), развитие пероноспороза составило 3,75 %, а где Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га) – 4,0 %. В результате показатель биологической эффективности у них составил соответственно 81,7 и 80,5 %.

На момент очередного учета (14.08.2022) почти четверть ассимиляционного аппарата лука репчатого в контрольном варианте была поражена пероноспорозом (23,75 %). Биологическая эффективность фунгицидов Орондис Ультра, СК и Зорвек Энкантия, СЭ в нормах расхода 0,5 л/га оказалась на одном уровне – 76,8 и 77,9 % соответственно. Применение Орондиса Ультра, СК в норме 0,6 л/га на 81,1 % снизило степень поражения листьев лука репчатого болезнью. Как и при предыдущих учетах, наименее эффективным было применение Ревуса, СК и Ридомила Голд МЦ, ВДГ.

Аналогичная тенденция отмечена при проведении последнего учета (21.08.2022). Так, биологическая эффективность Ридомила Голд МЦ, ВДГ оказалась на 2,9 % больше, чем у Ревуса, СК. Наивысшая эффективность к концу опыта в отношении пероноспороза получена у препаратов Орондис Ультра, СК в обеих нормах (0,5 и 0,6 л/га) и Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га), где она составила 68,3–70,0 %. Данный уровень биологической эффективности фунгицидов получен при уровне развития болезни в контроле 45,0 %.

Возделывание лука репчатого без применения в период вегетации фунгицидов позволило получить 149,5 ц/га товарных луковиц в 2021 г и 188,6 ц/га – в 2022 г. (табл. 3). Сохраненный урожай товарных луковиц в варианте с трехкратным применением фунгицида Орондис Ультра, СК в норме 0,5 л/га получен в размере 52,2 ц/га, а в норме 0,6 л/га – 54,5 ц/га в первый год исследований; 41,3 и 44,7 ц/га – во второй год исследований. Прибавка от препарата Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га; трехкратно) составила 54,0 и 41,6 ц/га соответственно в 2021 и 2022 гг. В 2021 г. фунгицид Ревус, СК (0,6 л/га) на 9,3 ц/га превзошел фунгицид Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га), а в 2022 г. превосходство в размере 4,2 ц/га получено у препарата Ридомил Голд МЦ, ВДГ над препаратом Ревус, СК.

Таблица 2. Биологическая эффективность фунгицидов против пероноспороза на луке репчатом (УНЦ «Опытные поля БГСХА», Горецкий район Могилевской обл., 2022 г.)

Вариант	Дата учета	Развитие, %	Биологическая эффективность, %
Без обработки фунгицидом	04.07.2022 (1-е внесение)	0	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)		0	–
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)		0	–
Ревус, СК (0,6 л/га)		0	–
Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га)		0	–
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)		0	–
Без обработки фунгицидом	14.07.2022 (2-е внесение)	1,25	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)		0	100
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)		0	100
Ревус, СК (0,6 л/га)		0	100
Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га)		0	100
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)		0	100
Без обработки фунгицидом	24.07.2022 (3-е внесение)	4,75	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)		0	100
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)		0	100
Ревус, СК (0,6 л/га)		0	100
Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га)		0	100
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)		0	100
Без обработки фунгицидом	31.07.2022	10,25	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)		0	100
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)		0	100
Ревус, СК (0,6 л/га)		2,0	80,5
Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га)		0	100
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)		2,25	78,0
Без обработки фунгицидом	07.08.2022	20,5	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)		2,0	90,2
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)		1,5	92,7
Ревус, СК (0,6 л/га)		3,75	81,7
Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га)		1,75	91,5
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)		4,0	80,5
Без обработки фунгицидом	14.08.2022	23,75	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)		5,5	76,8
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)		4,5	81,1
Ревус, СК (0,6 л/га)		9,75	58,9
Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га)		5,25	77,9
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)		8,5	64,2
Без обработки фунгицидом	21.08.2022	45,0	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)		14,25	68,3
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)		13,5	70,0
Ревус, СК (0,6 л/га)		20,0	55,6
Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га)		13,75	69,4
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)		18,75	58,3

Таблица 3. Хозяйственная эффективность фунгицидов против пероноспороза на луке репчатом (УНЦ «Опытные поля БГСХА», Горецкий район Могилевской обл., 2021–2022 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га			Сохраненный урожай, ц/га		
	2021 г.	2022 г.	Среднее за 2 года	2021 г.	2022 г.	Среднее за 2 года
Без обработки фунгицидом	149,5	188,6	169,05	–	–	–
Орондис Ультра, СК (0,5 л/га)	202,3	229,9	216,1	52,8	41,3	47,05
Орондис Ультра, СК (0,6 л/га)	204,5	233,3	218,9	55,0	44,7	49,85
Ревус, СК (0,6 л/га)	179,8	213,8	196,8	30,3	25,2	27,75
Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га)	203,5	230,2	216,85	54,0	41,6	47,8
Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га)	170,5	218,0	194,25	21,0	29,4	25,2
НСР <sub>05</sub>	11,53	12,08	–	–	–	–

В оба года проведения исследования фунгициды Орондис Ультра, СК (0,5 и 0,6 л/га) и Зорвек Энкантия, СЭ (0,5 л/га), содержащие в своем составе оксатиапипролин, достоверно превзошли фунгициды Ревус, СК (0,6 л/га) и Ридомил Голд МЦ, ВДГ (2,5 кг/га). Средний за два года опытов уровень сохраненного урожая от испытываемого фунгицида Орондис Ультра, СК в нормах 0,5 и 0,6 л/га составил 47,05 и 49,85 ц/га соответственно, что на 19,3–24,65 ц/га выше, чем при использовании традиционно применяемых препаратов.

## Заключение

В ходе экспериментов, проведенных в 2021 и 2022 гг., установлено, что защита лука репчатого от такого заболевания, как пероноспороз, представляет собой актуальную задачу. Развитие болезни может носить агрессивный характер, достигать предэпифитотийного уровня 40,75–45 %.

Применяемые фунгициды имеют существенные отличия по эффективности сдерживания заболевания. Препараты, основанные на новом действующем веществе окситиапипролин, показывают свое превосходство по уровню биологической и хозяйственной эффективности. Трехкратное применение фунгицида Орондис Ультра, СК в нормах расхода 0,5 и 0,6 л/га обеспечивает надежный контроль пероноспороза в течение вегетации и по годам. Уровень биологической эффективности основную часть вегетации культуры составлял 80–100 % и к уборке снижался до 68,3–75,5 % в зависимости от года, что значительно выше, чем при применении Ревуса, СК и Ридомила Голд МЦ, ВДГ.

Средний за два года исследований уровень сохраненного урожая от Орондис Ультра, СК в нормах 0,5 и 0,6 л/га составил 47,05 и 49,85 ц/га, что на 19,3–24,65 ц/га выше, чем при использовании традиционных фунгицидов Ревус, СК и Ридомил Голд МЦ.

Учитывая риск развития резистентности к системным действующим веществам, в производстве следует избегать многократного применения однотипных по механизмам действия, и тем более одноименных препаратов как в сезоне, так и по годам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бардовская, К. Г. Биологическая и хозяйственная эффективность пестицидов и комплексных программ защиты картофеля / К. Г. Бардовская, В. Р. Кажарский // Пути повышения эффективности удобрений, качества растениеводческой продукции и плодородия почвы: сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры агрохимии Белорус. гос. с.-х. акад. и 115-летию со дня рожд. заслуж. деятеля науки БССР, д-ра с.-х. наук, проф. Р. Т. Вильдфлуша, Горки, 30 нояб. 2021 г. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: В. Б. Воробьев (гл. ред.) [и др.]. – Горки, 2022. – С. 28–32.
2. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / Гл. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений; сост. А. В. Пискун [и др.]. – Минск: Промкомплекс, 2020. – 742 с.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. Агрпромиздат, 1985. – 351 с.
4. Защита томата открытого грунта от фитофтороза / В. Кажарский [и др.] // Белорус. сел. хоз-во. – 2021. – № 7. – С. 104–107.
5. Интегрированная защита растений: учеб. / Ю. А. Миренков [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 360 с.
6. Интегрированные системы защиты овощных культур и картофеля от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С. В. Сорока [и др.]. – Минск: Колорград, 2017. – 235 с.
7. Кажарский, В. «Орондис Ультра» – новый уровень в борьбе с пероноспорозом лука / В. Кажарский, С. Козлов, А. Исаков // Белорус. сел. хоз-во. – 2021. – № 10. – С. 72–74.
8. Кажарский, В. Р. Фитосанитарная ситуация в посадках картофеля: стратегия контроля / В. Р. Кажарский // Наше сельское хозяйство. – 2017. – № 11. – С. 64–70.
9. Методические указания по проведению регистрационных испытаний фунгицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / под ред. С. Ф. Буга; РУП «Ин-т защиты растений». – Несвиж: МОУП «Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного», 2007. – 512 с.
10. Попков, В. А. Лук в условиях Республики Беларусь (биология, агротехника, экономика) / В. А. Попков. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2001. – 400 с.
11. Фунгициды: защита картофеля в условиях северо-востока Беларуси / В. Кажарский [и др.] // Белорус. сел. хоз-во. – 2021. – № 1. – С. 79–82.

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГИБРИДОВ ПЕРЦА ОСТРОГО В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

Н. В. ДЫДЫШКО Т. В. НИКОНОВИЧ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: dydyshko natalia@mail.ru

(Поступила в редакцию 10.03.2023)

В статье изложены результаты исследований по оценке экономической эффективности возделывания перспективных гибридов перца остроного. Перец стручковый относится к роду *Capsicum L.*, который представлен 4 культурными видами: перец мексиканский (*C. annuum L.*), перуанский (*C. angulosum Mill.*), колумбийский (*C. conicum Meyer*) и опушенный (*C. pubescens R. et P.*). Все культурные сорта, возделываемые в нашей стране, относятся к виду *C. annuum L.* Используется в свежем, высушенном, замороженном и маринованном виде, сохраняет свои свойства после термической обработки. Выращивание перца остроного расширяет ассортимент свежей овощной продукции. Каждый собственник стремится достичь максимальной экономической эффективности производства. Главным способом этого является рост производства высококачественной продукции с более низкой себестоимостью. Достичь этого можно в первую очередь за счет создания и внедрения новых высокопродуктивных сортов и гибридов.

Результаты проведенных исследований 2018–2020 гг. позволили выявить гибридные комбинации с высокими значениями хозяйственно ценных признаков и передать в Государственную инспекцию по испытанию и охране сортов растений в 2021 году гибриды под названиями Дыдыш F<sub>1</sub>, Василек F<sub>1</sub> и Захар F<sub>1</sub>. После успешного прохождения испытаний хозяйственной полезности, переданные гибриды в 2022 году включены в Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений Республики Беларусь. Возделывание созданных в УО БГСХА районированных гибридов перца остроного позволяет получить прибыль: Дыдыш F<sub>1</sub> – 142 тыс. руб./га, Василек F<sub>1</sub> – 136 тыс. руб./га; Захар F<sub>1</sub> – 100,2 тыс. руб./га, и снизить себестоимость 1 ц продукции от 15 руб/ц до 66 руб/ц.

**Ключевые слова:** перец острый, гибрид, урожайность, экономическая эффективность, уровень рентабельности, себестоимость.

The article presents the results of studies on the evaluation of the economic efficiency of the cultivation of promising hybrids of hot pepper. *Capsicum L.* pepper belongs to the genus *Capsicum L.*, which is represented by 4 cultivated species: Mexican pepper (*C. annuum L.*), Peruvian (*C. angulosum Mill.*), Colombian (*C. conicum Meyer*) and pubescent (*C. pubescens R. et P.*). All varieties cultivated in our country belong to the species *C. annuum L.* It is used fresh, dried, frozen and pickled, retains its properties after heat treatment. Growing hot peppers expands the range of fresh vegetable products. Each owner strives to achieve maximum economic efficiency of production. The main way to do this is to increase the production of high-quality products at a lower cost. This can be achieved primarily through the creation and introduction of new highly productive varieties and hybrids.

Results of research conducted in 2018–2020 made it possible to identify hybrid combinations with high values of economically valuable traits and to transfer hybrids under the names Dydysh F<sub>1</sub>, Vasilek F<sub>1</sub> and Zakhar F<sub>1</sub> to the State Inspectorate for Testing and Protection of Plant Varieties in 2021. After successfully passing the tests of economic usefulness, the transferred hybrids are included in the State Register of Agricultural Plant Varieties of the Republic of Belarus in 2022. Cultivation of zoned hybrids of hot pepper created in the EE BSAA makes it possible to make a profit: Dydysh F<sub>1</sub> – 142 thousand rubles / ha, Vasilek F<sub>1</sub> – 136 thousand rubles / ha, Zakhar F<sub>1</sub> – 100.2 thousand rubles / ha, and reduce the cost of 1 centner of products from 15 rubles / centner to 66 rubles / centner.

**Key words:** hot pepper, hybrid, productivity, economic efficiency, profitability level, prime cost.

### Введение

Современная селекция овощных культур направлена на создание сортов и гибридов, сочетающих высокую продуктивность с устойчивостью к абиотическим стрессам, толерантностью к болезням и вредителям, минимумом энерго- и ресурсозатрат на производство единицы качественной, экологически безопасной овощной продукции, пригодной для потребления в свежем виде, длительного хранения и переработки [1, 7, 8].

В современном овощеводстве актуальна задача расширения ассортимента овощных культур, богатых биологически активными веществами. Перец острый выращивают как пряное растение, этот овощ содержит витамины С, В<sub>6</sub>, каротин, цинк и кремний, капсаицин. Особенностью перца остроного является его использование в свежем, высушенном, замороженном и маринованном виде. Перец не теряет своих свойств при термической обработке и используется в пищевой и фармацевтической промышленности. Это свидетельствует о его высокой ценности, как продукта питания, обладающего лечебными качествами, а также о необходимости расширять использование данной культуры [5, 6].

Перец острый выращивается на 4,4 млн гектаров, его возделывают во многих странах мира при этом ежегодно собирается 68,3 млн тонн продукта. Одна тонна плодов перца остроного на мировом рынке оценивается приблизительно в 8640 долларов [4, 2].

Ассортимент овощей в Беларуси представлен в основном такими видами, как капуста, лук, морковь, огурцы, томаты и перец сладкий. Выращивание перца острого расширяет ассортимент свежей овощной продукции. Первый сорт перца острого в Беларуси был получен методом гибридизации с последующим индивидуальным отбором из гибридной комбинации Кайненский х Хотванию. Заявитель: РУП «Институт овощеводства», год включения сорта в Государственный реестр: 2002 [3].

Оценку экономической эффективности производства продукции овощеводства проводят с помощью системы натуральных и стоимостных показателей. Натуральные показатели характеризуют уровень производства, стоимостные показатели дают более точное представление об эффективности производства, окупаемости затрат, возможности расширенного воспроизводства. В условиях рыночных отношений при определении экономической эффективности сельскохозяйственного производства значительно возрастает роль такого показателя как рентабельность. Рентабельность – это отношение прибыли к себестоимости продукции [4].

Себестоимость продукции является одним из важнейших факторов экономической эффективности сельскохозяйственного производства. Общество заинтересовано в том, чтобы при меньших затратах получать большее количество продукции лучшего качества. Одним из главных путей снижения себестоимости является повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Этому способствует выращивание новых высокопродуктивных сортов и гибридов.

В связи с этим целью наших исследований являлась оценка экономической эффективности возделывания созданных нами перспективных гибридов F<sub>1</sub> перца острого.

### Основная часть

Объектами исследования являлись гибриды перца острого, полученные по схеме топкросса. Исследования проводились в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии в 2018–2020 годах на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии. Посев семян осуществлялся в середине марта, пикировка растений в теплицу проводилась в середине апреля. Рассада высаживалась в теплицу в конце мая в трехкратной повторности, расположение вариантов опыта рендомизированное. На делянке размещалось по 3 растения, схема посадки 70х30 см. Основные элементы технологии возделывания перца острого общепринятые для необогреваемых пленочных теплиц. Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались по температурным показателям, количеству атмосферных осадков, а также наблюдались отклонения от средних многолетних данных.

Основные учеты выполнялись по общепринятым методикам. Сборы урожая осуществлялись с интервалом семь дней. В соответствии с полученными данными рассчитывались основные элементы продуктивности. Результаты испытаний одиннадцати лучших линий перца острого представлены в табл. 1.

Таблица 1. Хозяйственно ценные признаки лучших гибридов перца острого в среднем за 2018–2020 годы

Наименование образца	Ранняя урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Общая урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Масса плода, г
Агдас х Ёжик	0,43±0,39	3,15±0,35	28,4±3,82
Волгоград х Ёжик	0,81±0,26	3,17±1,33	15,3±0,78
Девятка х Ёжик	0,86±0,57	2,93±0,93	28,5±3,70
Девятка х Китай	0,72±0,33	3,03±0,47	22,0±9,81
Девятка х Красный дракон	0,62±0,38	2,37±0,57	19,9±2,68
Девятка х Феферона красная	0,84±0,46	2,43±0,50	20,3±1,33
Зимрид х Ёжик	0,59±0,64	2,40±1,13	24,1±1,72
Лара х Ёжик	0,86±0,78	3,33±0,29	25,0±0,62
Лара х Каин	1,03±0,43	2,43±0,49	21,8±3,04
Лара х Красный дракон	0,96±0,32	2,63±1,36	20,1±1,41
Халапеньо х Ёжик	0,36±0,29	2,63±0,23	18,7±2,45
Ежик (стандарт)	0,10±0,11	2,36±0,45	12,4±1,21

В среднем за три года все изучаемые образцы по признаку ранняя урожайность превзошли сорт стандарт Ёжик от 3,6 до 10,3 раза, максимально высокую раннюю урожайность следует отметить у образцов Лара х Каин (1,03 кг/м<sup>2</sup>), Лара х Красный дракон (0,96 кг/м<sup>2</sup>), Лара х Ёжик, Девятка х Ёжик (0,86 кг/м<sup>2</sup>).

Полученные данные по общей урожайности свидетельствуют о том, что высокоурожайными оказались гибриды Лара х Ёжик, Волгоград х Ёжик, Агдас х Ёжик, Девятка х Китай, Девятка х Ёжик, Халапеньо х Ёжик, Лара х Красный дракон, которые превышали стандарт на 11,5–41,1 %. Максимальную высокую общую урожайность показал образец Лара х Ёжик (3,33 кг/м<sup>2</sup>).

Масса плода у сорта стандарта Ёжик была 12,4 г. Изучаемые образцы имели массу плода значительно выше стандарта, и она колебалась от 15,3 г. до 28,5 г. В среднем за 3 года испытаний по комплексу

хозяйственно ценных признаков выделены 3 гибридные комбинации, сочетающие высокие значения ранней урожайности (0,36–0,86 кг/м<sup>2</sup>), общей урожайности (2,63–3,33 кг/м<sup>2</sup>) и массы плода (18,7–25,0 г).

Ценность перца острого определяется в первую очередь наличием капсаицина, наиболее высокая его концентрация отмечается в период биологической спелости плода. Биохимические признаки лучших гибридов представлены в табл. 2.

Концентрация капсаицина изучаемых образцов находилась в пределах от 0,26 % до 0,65 %. Высокое содержание имели образцы Лара х Ёжик (0,65 %), Халапеньо х Ёжик (0,61 %). Максимальное количество сухого вещества также характерно для гибридной комбинации Халапеньо х Ёжик (17,51 %). По содержанию витамина С выделился образец Лара х Ёжик (116,03 мг/100 г).

Таблица 2. Биохимические признаки лучших гибридов перца острого в среднем за 2018–2020 годы

Наименование образца	Каротин, мг/100г	Сухое вещество, %	Витамин С, мг/100г	Капсаицин, %
Агдас х Ёжик	29,31	12,56	92,61	0,46
Волгоград х Ёжик	36,90	13,33	98,50	0,26
Девятка х Ёжик	20,11	12,55	93,32	0,28
Девятка х Китай	20,10	14,06	105,83	0,30
Девятка х Красный дракон	23,90	10,75	102,97	0,46
Девятка х Феферона красная	31,62	13,66	110,80	0,38
Зимрид х Ёжик	36,10	11,87	102,17	0,39
Лара х Ёжик	19,70	12,43	116,03	0,65
Лара х Каин	15,42	11,17	98,61	0,28
Лара х Красный дракон	23,01	15,29	108,77	0,56
Халапеньо х Ёжик	31,50	17,51	103,63	0,61
Ёжик (стандарт)	22,21	14,04	78,27	0,28

Проведенные исследования позволили установить лучшие генотипы как по продуктивности, так и по биохимическим признакам и передать в Государственную инспекцию по испытанию и охране сортов растений в 2021 году гибриды под названиями Дыдыш F<sub>1</sub>, Василек F<sub>1</sub> и Захар F<sub>1</sub>. Экономическая эффективность выращивания новых гетерозисных гибридов перца острого представлена в табл. 3.

Таблица 3. Экономическая эффективность возделывания гетерозисных гибридов перца острого F<sub>1</sub> в необогреваемых теплицах

Показатели	Ёжик (стандарт)	Захар F <sub>1</sub>	Василек F <sub>1</sub>	Дыдыш F <sub>1</sub>
Общая урожайность, ц/га	240,0	260,0	320,0	330,0
Превышение по отношению к стандарту, ц/га	–	20,0	80,0	90,0
Стоимость 1 кг продукции, руб.	7,0	7,0	7,0	7,0
Сумма реализации, тыс. руб/га	168,0	182,0	224,0	231,0
Стоимость прибавки с 1 га, тыс. руб.	–	14,0	56,0	63,0
Дополнительные расходы на сбор прибавки урожайности, тыс. руб.	–	1,8	7,2	8,1
Стоимость прибавки урожая с учетом дополнительных затрат 1га, тыс. руб.	–	12,2	48,8	54,9
Производственные затраты тыс. руб/га	80,0	81,8	87,2	88,1
Себестоимость 1ц, руб.	333,0	315,0	272,0	267,0
Прибыль, тыс. руб/га	88,0	100,2	136,8	142,0
Уровень рентабельности, %	110,0	122,4	156,8	161,2

Экономическая оценка возделывания перца строго проводилась на основе соизмерения двух показателей: производственных затрат и стоимости продукции с единицы площади, что способствовало расчету себестоимости полученной продукции, величины прибыли и рентабельности производства. Разница в экономической эффективности гибридов перца острого определялась разницей их урожайности и затрат, связанных с уборкой дополнительной продукции.

В среднем за три года урожайность гибридов Захар F<sub>1</sub>, Василек F<sub>1</sub>, Дыдыш F<sub>1</sub> была выше стандарта на 20–90 ц/га. Стоимость прибавки урожая с учетом дополнительных затрат на 1 га составила для Захар F<sub>1</sub> – 12,2 тыс. руб., Василек – 48,80 тыс. руб., Дыдыш – 54,9 тыс. руб. Уровень рентабельности выращивания этих гибридов F<sub>1</sub> варьировал от 122,4 % до 161,2 %. Производственные затраты при возделывании перца острого составили 81,8–88,1 тыс. руб./га. Себестоимость 1 ц по отношению к сорту стандарту снизилась от 15 руб./ц до 66 руб./ц.

### Заключение

По результатам исследований в 2018–2020 гг. выявлены три гибридные комбинации, сочетающие высокие значения ранней урожайности, общей урожайности и массы плода, а также обладающие высокими значениями по биохимическим показателям. Эти образцы под названиями Дыдыш F<sub>1</sub>, Василек F<sub>1</sub> и Захар F<sub>1</sub> включены в Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений в 2022 году.

Возделывание районированных гибридов позволяет получать прибавку урожая с учетом дополнительных затрат для Захар F<sub>1</sub> – 12,2 тыс. руб/га, Василек F<sub>1</sub> – 48,80 тыс. руб/га, Дыдыш F<sub>1</sub> – 54,9 тыс. руб/га. Уровень рентабельности выращивания гибрида Захар F<sub>1</sub> составил 122,4 %, Василек F<sub>1</sub> – 156,8 %, Дыдыш F<sub>1</sub> – 151,2 %. Производственные затраты при возделывании перца острого были 81,8–88,1 тыс. руб/га. Себестоимость 1 ц продукции по отношению к стандарту снизилась от 15 руб/ц до 66 руб/ц.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гануш, Г. И. Резервы снижения себестоимости производства овощей. / Г. И. Гануш, Н. Н. Довидович // Проблемы экономики: сб. науч. тр. / Горки, 2007. – № 4 (28). – С. 38–45.
2. Горбатовский, А. В. Резервы повышения эффективности производства овощей в сельхозпредприятиях Беларуси / А. В. Горбатовский, Г. Г. Степаненко, А. П. Святогор, Т. Н. Шпак, И. В. Пунгин. – Минск: Институт аграрной экономики, 2003. – 42 с.
3. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений. – Минск, 2022. – 283 с.
4. Дыдышко, Н. В. Анализ рынка перца острого и перспектив его производства в Беларуси / Н. В. Дыдышко, Т. В. Никонич // Проблемы экономики: сб. науч. тр. / Горки, 2019. – № 1 (28). – С. 239–251.
5. Дыдышко, Н. В. Анализ эффекта гетерозиса у гибридов F<sub>1</sub> перца острого по признакам продуктивности / Н. В. Дыдышко, Т. В. Никонич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 118–123.
6. Дыдышко, Н. В. Проявление эффекта гетерозиса и характер наследования биохимического состава плодов у гибридов F<sub>1</sub> перца острого / Н. В. Дыдышко, Т. В. Никонич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 108–112.
7. Жученко, А. А. Биологизация интенсификационных процессов как основа перехода к адаптивному развитию АПК / А. А. Жученко // Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства. – Жодино: БелНИИЗК, 1998. – Т. 2. – С. 3–10.
8. Мамедов, М. И. Селекция томата, перца и баклажана на адаптивность / М. И. Мамедов, В. Ф. Пивоваров, О. Н. Пышная. – М., 2002. – 441 с.

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЕКЦИИ СОРГО САХАРНОГО НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПОНИЖЕННЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ

В. Л. КОПЫЛОВИЧ, В. И. БУШУЕВА, В. А. РАДОВНЯ, Д. А. РОМАНЬКОВ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 10.03.2023)

Сорго сахарное – перспективная кормовая культура для южных и центральных районов Беларуси, обладающая непревзойдённой засухоустойчивостью и высокой урожайностью сухого вещества. Селекция сорго сахарного в РНДУП «Полесский институт растениеводства» проводится с 2008 года по направлению создания раннеспелых и холодостойких сортов на фоне посева в оптимально ранние сроки. С помощью многофакторного линейного регрессионного анализа показано существенное влияние суммы активных температур в период начального развития (май) на урожайность сухого вещества у новых сортообразцов в конкурсном сортоиспытании ( $n=6$ ), отсутствующее у стандартного сорта Славянское приусадебное, а также у группы коллекционных сортообразцов ( $n=48$ ). Это подтверждает способность новых сортообразцов эффективно использовать тепловые ресурсы в начальный период роста. Наиболее значимыми факторами формирования урожайности сухого вещества у всех сортообразцов в коллекционном питомнике и в конкурсном сортоиспытании являются сумма активных температур и количество осадков в период интенсивного роста (июль).

В отличие от стандартного сорта новые сортообразцы не реагировали на количество осадков в период всходов, что подтверждает их повышенную устойчивость к фитотоксическому действию почвенного гербицида Гардо Голд. Обсуждается способность стандартного сорта Славянское приусадебное к компенсации гербицидного стресса за счёт активизации ростовых процессов в период активного роста, что говорит о возможности создания более продуктивных сортов. Остаётся неясным, за счёт каких процессов достигается эффективное использование тепловых ресурсов (адаптация к холоду или к гербицидному стрессу), в связи с чем предлагается в селекции сорго сахарного использовать комплексный признак «устойчивость к пониженным температурам».

**Ключевые слова:** сорго сахарное, селекция, коллекционный материал, урожайность, холодостойкость, фитотоксичность, стресс.

*Sugar sorghum is a promising fodder crop for the southern and central regions of Belarus, which has unsurpassed drought resistance and high dry matter yield. Selection of sugar sorghum in the "Polesye Institute of Plant Growing" has been carried out since 2008 in the direction of creating early ripe and cold-resistant varieties against the background of sowing at the optimally early time.*

*With the help of multivariate linear regression analysis, a significant effect of the sum of active temperatures during the initial development period (May) on the dry matter yield of new variety samples in competitive variety tests ( $n=6$ ) was shown, which is absent in the standard variety Slavianskoe priusadebnoe, as well as in the group of collection variety samples ( $n=48$ ). This confirms the ability of new variety samples to efficiently use thermal resources in the initial period of growth. The most significant factors in the formation of dry matter yield in all variety samples in the collection nursery and in competitive variety testing are the sum of active temperatures and the amount of precipitation during the period of intensive growth (July).*

*Unlike the standard variety, the new variety samples did not react to the amount of precipitation during the germination period, which confirms their increased resistance to the phytotoxic effect of the Gardo Gold soil herbicide. The ability of the standard variety Slavianskoe priusadebnoe to compensate for herbicide stress due to the activation of growth processes during the period of active growth is discussed, which indicates the possibility of creating more productive varieties. It remains unclear by what processes the efficient use of thermal resources is achieved (adaptation to cold or to herbicide stress), and therefore it is proposed to use the complex trait "tolerance to low temperatures" in the breeding of sugar sorghum.*

**Key words:** sweet sorghum, selection, collection material, yield, cold resistance, phytotoxicity, stress.

### Введение

Сорго – важнейшее сельскохозяйственное растение, занимающее пятое место по объёму мирового производства. Благодаря своей засухоустойчивости это одна из основных продовольственных культур в Африке и Индии. В США, Мексике, Аргентине, Австралии, а в последнее время и в странах Западной Европы расширяются посевы сорго силосного для производства кормов и биогаза. В Республике Беларусь в связи с изменениями климата сорго сахарное может стать неплохой альтернативой кукурузе в качестве кормовой культуры благодаря своей более высокой засухоустойчивости и эффективному использованию питательных веществ.

В странах с умеренным климатом для достижения максимально возможной продолжительности вегетации посев сорго сахарного необходимо проводить в возможно ранние сроки. При этом прорастание семян и начальное развитие растений будет проходить при пониженных температурах.

Установлено, что в условиях Белорусского Полесья посев сорго сахарного возможен уже в третьей декаде апреля, но посевы, проведённые в I–II декадах мая, несколько уступая по сбору сухого вещества, имеют равную урожайность зелёной массы и менее подвержены рискам заморозков [4].

Для условий лесостепной зоны Украины наилучшее развитие растений сорго сахарного наблюдается при посеве во второй декаде мая [1]. В северо-восточной части Беларуси посев сорго сахарного рекомендуется проводить в первой декаде июня [3].

Являясь изначально тропическим C<sub>4</sub>-растением, сорго чувствительно к температурам ниже 15 °С [5]. По некоторым данным температуры ниже 21 °С уже оказывают стрессовые воздействия [6]. Низкотемпературный стресс оказывает вредное воздействие почти на все физиологические процессы как на гетеротрофном этапе (всходы), так и на автотрофном этапе роста (фотосинтез и развитие корней). Таким образом, для выращивания сорго сахарного в странах умеренного климата, отличающегося коротким вегетационным периодом, необходимо создание скороспелых (раннеспелых) и холодостойких сортов и гибридов.

Обычно под холодоустойчивостью понимается способность теплолюбивых растений переносить кратковременные понижения температур не ниже 0 °С. Таким образом, холодоустойчивость выступает признаком устойчивости к стрессовому фактору, за реализацию признака отвечают различные механизмы: переносимость низких температур (до определённого предела) без видимых эффектов за счёт различий химического состава мембран, скорость и эффективность действия систем адаптации (синтез стрессовых белков, изменение гормонального баланса и др.). Наиболее действенный метод повышения холодоустойчивости сорго сахарного – проведение селекции непосредственно в районе его возделывания. В таком случае создаются условия для отбора генотипов, наиболее адаптированных к комплексу стрессовых факторов.

Селекция сорго сахарного в РНДУП «Полесский институт растениеводства» проводится с 2008 года, полная схема селекционного процесса развёрнута в 2013 году. При создании сортов ставилась задача получения кондиционных семян в условиях республики, что возможно только за счёт сочетания в сорте признаков раннеспелости и холодостойкости.

Целью настоящей работы стала оценка эффективности селекции сорго сахарного на холодостойкость в РНДУП «Полесский институт растениеводства».

#### **Основная часть**

Обычно отбор селекционного материала на холодоустойчивость затруднён из-за непредсказуемой погоды, что приводит либо к слишком мягкому, либо к чрезмерно жёсткому отбору генотипов и неполной оценке селекционного материала в последующие годы, когда интенсивность стрессового фактора будет недостаточной. В наших исследованиях посев селекционного материала проводился ежегодно в начале мая, что позволило отбирать достаточно холодостойкие генотипы, обладающие признаками высокой продуктивности, и таким образом создать сбалансированные гибридные популяции. Последние являются основой для создания популяционных сортов.

Холодостойкие образцы сорго сахарного способны развиваться в условиях пониженных температур и длинного дня, отличаются более стабильным признаком продолжительности ювенильного периода развития (всходы – начало цветения). У нехолодостойких скороспелых образцов может отмечаться снижение продуктивности в годы с прохладной весной. Оценка холодостойкости сортов и гибридов проводится различными прямыми и косвенными способами: оценка в экологическом сортоиспытании в северных районах, посев в провокационно-ранние сроки, использование климатических камер, различные лабораторные методы. В настоящей работе мы применили статистические методы анализа, которые позволяют оценить уровень реакции генотипа (группы генотипов) на изменяющиеся погодные условия.

Для статистического анализа были использованы данные урожайности сухого вещества в коллекционном питомнике за 2016–2018 годы – контрольная группа, включающая 48 сортообразцов сорго сахарного различного происхождения и групп спелости. С контрольной группой сравнивалась группа новых сортообразцов, представленная 6 образцами в питомнике конкурсного сортоиспытания, а также сорт-стандарт *Славянское приусадебное*.

Ввиду того, что методики проведения исследований в коллекционном питомнике и конкурсном сортоиспытании существенно различаются, сравнение абсолютных значений селекционных признаков между питомниками является некорректным. Поэтому сравнение сортообразцов проводилось в относительных величинах к единому стандартному сорту (*Славянское приусадебное*), а также сравнивались статистические модели. Последние рассчитывались методом многофакторного линейного регрессионного анализа с помощью программы Excel. В расчётах принималось пересечение линии регрессии с осью ординат в точке 0, что позволяет отнести полученные зависимости к упрощённым биологическим моделям, коэффициенты в таком случае количественно описывают влияние признака на функцию (урожайность сухого вещества).

Погодные условия за годы проведения исследований существенно различались. В 2016 году в мае создались наиболее благоприятные условия для появления всходов сорго: среднесуточная температура

составила 15,2 °С. Во второй декаде мая всходы развивались при низких температурах (12,8 °С). В дальнейшем до конца августа среднесуточные температуры превышали 15 °С, а дефицит почвенной влаги отмечался во второй декаде июля, а также в конце августа–сентябре. Последующий 2017 год отличался недостаточной теплообеспеченностью в I–II декадах мая (период прорастания и начального развития сорго сахарного), среднесуточные температуры составили всего 11,0–12,6 °С. В дальнейшем среднесуточные температуры воздуха превысили 15,9 °С, а во второй половине вегетации (август–октябрь) температурный режим снова оказался выше среднеголетних показателей на 0,3–6,8 °С.

Агрометеорологические показатели 2018 года отличались высокими среднесуточными температурами воздуха в мае и I–II декадах июня. В этот период на фоне дефицита осадков отмечалась умеренная почвенная засуха – влажность почвы составляла 1,5–4,7 %. В дальнейшем условия влаго- и теплообеспеченности оказались благоприятными для роста и развития растений сорго: среднесуточные температуры воздуха превышали 20,2 °С, а влажность почвы была в пределах 6,2–9,8 %.

В табл. 1 приведены суммы эффективных температур (ЭТ) в критические периоды роста сорго сахарного (рассчитаны как сумма среднесуточных температур за вычетом 5 °С) и количество выпавших осадков (Ос), используемые в регрессионном анализе. Расчёты показали, что использование метеорологических данных за другие месяцы, а также суммы активных температур даёт менее значимые зависимости, либо данные параметры в формуле не учитываются (коэффициенты равны 0).

Таблица 1. Условия тепло- и влагообеспеченности сорго сахарного

Год	Сумма эффективных температур, °С			Осадки, мм		
	май	июль	апрель-сентябрь	май	июль	апрель-сентябрь
2016	321	447	1269	98	149	316
2017	270	360	1108	58,6	138,6	456
2018	343	409	1474	34,3	74,55	281

Почва опытного участка – дерново-подзолистая супесчаная, рН – 5,7–5,8, содержание подвижного фосфора и обменного калия повышенное, гумуса – 2,1–2,2 %. Возделывание сорго велось в широкорядных посевах (70 см). Посев проводился ежегодно в первых числах мая. В коллекционном питомнике площадь делянки составляла 2 м<sup>2</sup> при двукратной повторности, посев осуществлялся вручную с последующим формированием густоты стояния растений (5–6 растений на 1 метре погонном). Ввиду существенных различий по устойчивости к д. в. гербицида Гардо Голд, борьба с сорняками проводилась вручную.

В конкурсном сортоиспытании площадь делянки составляла 20 м<sup>2</sup> при четырёхкратной повторности. Посев проводился ручной сеялкой с нормой высева 150 тыс. шт./га. Формирования густоты стояния не осуществлялось, борьба с сорняками осуществлялась с помощью гербицида Гардо Голд (внесение до всходов в дозе 3 л/га). Применение гербицида Гардо Голд следует рассматривать как дополнительный стрессовый фактор в дополнение к действию пониженных температур в период всходов сорго сахарного. В годы с прохладной весной и большим количеством осадков, выпадающих в течение 21 дня после появления всходов, доза внесения более 2,0 л/га оказывает существенное фитотоксическое действие [2]. Однако это обязательный элемент технологии возделывания, в связи с чем повышение полевой устойчивости к д. в. данного гербицида явилось одной из целей селекции сорго сахарного.

За годы исследований в коллекционном питомнике наибольшее варьирование урожаев сухого вещества отмечено в 2017 году, наименее теплообеспеченном и избыточно увлажнённом (табл. 2). В условиях года некоторые образцы полегали и тем самым ограничивали свою урожайность. Тем не менее, в этом году выделились холодостойкие образцы, эффективно использующие имеющиеся тепловые ресурсы. Максимальная урожайность сухого вещества в 2017 году лишь на 14 ц/га уступала наиболее благоприятному для развития сорго сахарного 2016 году.

Таблица 2. Варьирование урожайности сухого вещества сорго сахарного в коллекционном питомнике и в конкурсном сортоиспытании, ц/га

Показатель	Коллекционный питомник (n=48)			Конкурсное сортоиспытание (n=6)		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Среднее	167	142	151	147,7	138,0	120,1
	71,4% *	71,0%	76,6%	93,5%	97,2%	96,1%
Минимум	92,0	64,9	82,4	129	119	91,9
Максимум	234	220	213	160	164	147,7
Дисперсия	1327	1814	1117	156	235	488
<i>St – Славянское приусадебное</i>	234	200	197	158	142	125

Примечание: \* – в знаменателе – относительная средняя урожайность к стандарту.

Проведение многофакторного регрессионного анализа позволяет вычленить действие на урожайность сорго сахарного наиболее существенных факторов внешней среды (табл. 3). В среднем по 48 образцам коллекционного питомника в 2016–2018 годах наибольшее влияние на урожайность сухого вещества сорго сахарного оказали сумма эффективных температур и количество осадков в июле (период

максимального роста растений). Надо отметить, что у стандартного сорта *Славянское приусадебное*, как более продуктивного, значения коэффициентов при переменных оказались более высокими, что говорит о способности генотипа более эффективно использовать имеющиеся ресурсы тепла и влаги.

Анализ показал, что на урожайность сухого вещества новых сортообразцов сорго сахарного, проходящих конкурсное сортоиспытание, оказывает влияние сумма эффективных температур за май (коэффициент  $X_1$ ). Количественный размер относительно небольшой (0,03 ц/га на каждый градус суммы эффективных температур), но он характеризует способность генотипов расти и развиваться при пониженных температурах при такой интенсивности, что эффекты можно отследить при уборке – на конечном этапе продукционного процесса.

Таблица 3. Уравнения многофакторной линейной регрессии зависимости урожайности сухого вещества сорго сахарного

Питомник	$X_1$ – сумма ЭТ за май	$X_2$ – сумма ЭТ за июль	$X_3$ – сумма Ос за май	$X_4$ – сумма Ос за июль	$\frac{R^2}{S}$
Коллекционный питомник, среднее по n=48	0	0,29	0	0,30	$\frac{0,87}{38,1}$
Коллекционный питомник, <i>St - Славянское приусадебное</i>	0	0,32	0	0,34	–
Конкурсное сортоиспытание, среднее по n=6	0,03	0,18	0	0,46	$\frac{0,97}{17,1}$
Конкурсное сортоиспытание, <i>St - Славянское приусадебное</i>	0	0,23	-0,24	0,53	–

Установлено, что новые сортообразцы в среднем практически равноценны стандартному сорту *Славянское приусадебное* по эффективности использования ресурсов тепла в период активного роста, однако хуже используют осадки, выпадающие в июле (относительные различия коэффициента  $X_4$  составили 13 %).

Вместе с тем на урожайность стандартного сорта *Славянское приусадебное* значительное отрицательное влияние оказывает сумма осадков за май, что следует связывать с фитотоксическим влиянием на продукционный процесс почвенного гербицида Гардо Голд. Действительно, при проведении исследований фитотоксические эффекты на сорт *Славянское приусадебное* отмечались нами ежегодно: всходы появлялись на 1–4 дня позже, растения имели искривлённую форму, окраска при этом сохранялась сочно-зелёной. Наибольший эффект отмечался в 2016 году, когда в мае выпало 98 мм осадков.

В среднем по группе новых сортообразцов такого влияния не обнаружено, что позволяет говорить о более высокой их толерантности к д. в. гербицида Гардо Голд. Однако, следует обратить внимание на факт, что в условиях 2016 года при наибольшем фитотоксическом эффекте на растения в период ювенильного развития сорт *Славянское приусадебное* показал наибольшую урожайность относительно новых сортообразцов, т. е. оказался способным компенсировать стрессовое воздействие за счёт повышения интенсивности ростовых процессов в последующее время. Этот факт свидетельствует о значительном потенциале селекции по созданию более продуктивных сортов и гибридов сорго сахарного за счёт сочетания в одном генотипе холодостойкости на начальном этапе роста и высокой интенсивности продукционных процессов в летний период.

Не следует отвергать гипотезу, что положительное влияние суммы эффективных температур, накопленных на начальном этапе развития сорго сахарного, заключается скорее в повышении устойчивости растений к гербицидному стрессу, нежели в их устойчивости к низкотемпературному стрессу. Возможно, имеет место повышение адаптивности растений по обоим направлениям, определение их размеров и характера связей требует дополнительных исследований.

На настоящем этапе в практической селекции мы предлагаем относить устойчивость сорго сахарного к фитотоксическому действию почвенных гербицидов, как одному из элементов комплексного признака «устойчивость к пониженным температурам». Возможно, на его проявление оказывают влияние совершенно иные механизмы, чем на способность растений к обмену веществ при пониженных температурах, но главная суть показателя заключается в устойчивости к стрессовому воздействию холода на все продукционные процессы (ростовые, адаптационные) и эффективное использование тепловых ресурсов на начальном этапе роста.

### Заключение

Таким образом, с помощью многофакторного линейного регрессионного анализа нами показано существенное влияние суммы активных температур в период ювенильного развития (май) на урожайность сухого вещества у новых сортообразцов сорго сахарного, отсутствующее у стандартного сорта

*Славянское приусадебное.* Кроме того, новые сортообразцы являются более устойчивыми к фитотоксическому действию почвенного гербицида Гардо Голд.

Вопрос за счёт каких процессов достигается эффективное использование тепловых ресурсов на начальном этапе развития (ростовые процессы, адаптация к холоду или гербицидному стрессу) требует дальнейших исследований. В связи с этим предлагается в практической селекции сорго сахарного использовать более комплексный признак «устойчивость к пониженным температурам», включающий в себя не только толерантность к холоду, но и устойчивость к почвенным гербицидам, фитотоксическое действие которых усиливается при пониженных температурах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Герасименко, Л. А. Влияние сроков сева и глубины заделки семян на фотосинтетическую продуктивность посевов сорго сахарного (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.) / Л. А. Герасименко // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин: науч.-практ. журн. – 2014. – № 4 (25). – С. 73–77.

2. Копылович, В. Л. Эффективность внесения гербицидов в посевах сорго сахарного в условиях Белорусского Полесья / В. Л. Копылович, В. А. Радовня, Н. М. Шестак // Вестник БГСХА: науч.-метод. журн. – 2021. – №4. – С. 87–92.

3. Персикова, Т. Ф. Влияние сроков посева, доз азотных удобрений и микроэлементов на продуктивность и качество зелёной массы сорго сахарного в условиях северо-востока Беларуси / Т. Ф. Персикова, А. З. Большаков, Е. А. Блохина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – №2. – С. 105–109.

4. Шестак, Н. М. Продуктивность и основные приёмы возделывания сорго сахарного в южной части Беларуси: автореф. дис. ... канд. с.х. наук: 06.01.09 / Н. М. Шестак; НАН Беларуси, НПЦ по земледелию. – Жодино, 2019. – 20 с.

5. Yu J., Tuinstra M. R. Genetic analysis of seedling growth under cold temperature stress in grain sorghum // Crop Science. – 2001. – Т. 41. – №. 5. – С. 1438–1443.

6. Richburg, J. T. Evaluation of Crop Tolerance and Weed Control in Corn and Grain Sorghum with Atrazine Replacements Graduate Dissertations of Master of Science in Crop, Soil & Environmental Sciences. [Electronic resource]. – University of Arkansas, 2019. – Mode of access: <https://scholarworks.uark.edu/etd/3220> – Date of access: 29.10.2021.

## ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Е. Л. ИОНАС, И. В. КОВАЛЁВА, М. Н. ШАГИТОВА, Н. В. БАРБАСОВ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: eliaai@rambler.ru

(Поступила в редакцию 13.03.2023)

*Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур на базе использования последних достижений научных исследований в области агрохимии невозможно без дальнейших разработок по оптимизации микроэлементного питания растений. Оптимизация питания растений, повышение эффективности внесения удобрений в огромной степени связаны с обеспечением оптимального соотношения в почве макро- и микроэлементов. Использование микроэлементов под картофель необходимо не только для обеспечения высокой продуктивности, но и для улучшения качества клубней.*

*В исследованиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» изучена эффективность различных систем удобрения для раннего сорта картофеля Палац на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в северо-восточной части Беларуси. Двукратная некорневая подкормка комплексным удобрением Адоб Профит на фоне N70P80K120 в среднем за 2020–2021 гг. исследований повышала урожайность клубней раннего сорта Палац на 5,0 т/га, способствовала получению максимальной урожайности картофеля – 36,8 т/га, увеличивала выход крупной фракции клубней до 22,1 %, товарность клубней картофеля до 94,7 %, содержание крахмала на 0,5 %, выход крахмала на 1,0 т/га, сухого вещества на 1,25 %, соответственно. Картофель Палац по потемнению сырой мякоти оценивался, как слаботемнеющий. В наших исследованиях содержание нитратов в клубнях картофеля сорта Палац не превышало ПДК.*

**Ключевые слова:** картофель, макро-, микроудобрения, регуляторы роста, дерново-подзолистая почва, урожай, качество.

*Improving crop cultivation technologies based on the use of the latest achievements of scientific research in the field of agrochemistry is impossible without further developments to optimize the micronutrient nutrition of plants. Optimization of plant nutrition, increasing the efficiency of fertilizer application are largely associated with ensuring the optimal ratio of macro- and microelements in the soil. The use of microelements for potatoes is necessary not only to ensure high productivity, but also to improve the quality of tubers.*

*In studies of EE “Belarusian State Agricultural Academy”, the effectiveness of various fertilizer systems for the early potato variety Palats on soddy-podzolic light loamy soil in the north-eastern part of Belarus was studied.*

*Double foliar top dressing with complex fertilizer Adobe Profit against the background of N70P80K120 on average for the years of research in 2020–2021 increased the yield of tubers of the early variety Palats by 5.0 t/ha, contributed to obtaining the maximum yield of potatoes of 36.8 t/ha, increased the yield of large tubers up to 22.1 %, marketability of potato tubers up to 94.7 %, starch content by 0.5 %, starch yield by 1.0 t/ha, dry matter by 1.25 %, respectively. Potato variety Palats was assessed as slightly darkening according to the darkening of the raw pulp. In our studies, the content of nitrates in potato tubers of the Palats variety did not exceed the MPC.*

**Key words:** potatoes, macro-, microfertilizers, growth regulators, sod-podzolic soil, yield, quality.

### Введение

В современных условиях научно обоснованная система удобрения сельскохозяйственных культур, направленная на формирование высокопродуктивных посевов, должна обеспечивать полноценное макро- и микроэлементное питание растений [1]. В настоящее время продолжают совершенствоваться технологии внесения удобрений. Одним из направлений, активно развиваемых, является применение удобрений строго в соответствии со специфическими для каждой культуры, в том числе и картофеля, потребностями в питательных веществах на разных стадиях роста и развития растений [2].

Важным элементом технологии возделывания сельскохозяйственных культур является применение микроудобрений [3, 4]. Потребность в микроудобрениях также возрастает в связи с расширением применения высококонцентрированных минеральных удобрений, которые лучше очищены и почти не содержат примесей микроэлементов [5].

Микроэлементы выполняют важнейшие функции в процессах жизнедеятельности растений [3, 4]. Они улучшают обмен веществ в растениях, устраняют его функциональные нарушения, содействуют нормальному течению физиологических, биохимических процессов [6–9] и являются необходимым компонентом системы удобрения для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур [3].

Использование микроэлементов под картофель необходимо не только для обеспечения высокой продуктивности, но и для улучшения качества клубней. Следует учитывать также и то, что новые высокопродуктивные сорта имеют интенсивный обмен веществ, который требует достаточной обеспеченности всеми элементами питания, включая и микроэлементы. Поэтому в системе мероприятий, обеспечивающих высокие урожаи картофеля, культура применения удобрений имеет первостепенное значение [10–12].

Цель исследований – установить влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность и качество клубней раннего сорта картофеля Палац на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в северо-восточной части Беларуси.

### Основная часть

Экспериментальные исследования проводились в 2020–2021 гг. на территории УНЦ «Опытные поля Белорусской государственной с.-х. академии» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком.

Схема опыта включает 5 вариантов: 1.  $N_{70}P_{80}K_{120}$  – Фон; 2.  $N_{70}P_{80}K_{120}$ +МикроСтим В, Су; 3.  $N_{70}P_{80}K_{120}$ +Нутривант плюс; 4.  $N_{70}P_{80}K_{120}$ +Адоб Профит; 5.  $N_{70}P_{80}K_{120}$ +Оксигумат (картофель).

В качестве объекта исследований выступал ранний сорт картофеля белорусской селекции Палац. Посадку картофеля проводили в 2020 г. 11 мая и 14 мая в 2021 г. картофелесажалкой КСМ – 4 с густотой посадки 48–50 тыс. шт/га. Предшественником картофеля был яровой рапс. Общая площадь делянки 25,2 м<sup>2</sup>, учетной – 12,6 м<sup>2</sup>. Агротехника возделывания картофеля – общепринятая для условий Могилевской области. В опытах применяли карбамид (46 % N), аммонизированный суперфосфат (9 % N; 30 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), аммофос (10 % N; 35 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и хлористый калий (60 % K<sub>2</sub>O). Для некорневой подкормки использовали израильское комплексное удобрение Нутривант плюс (картофельный) с содержанием (N<sub>0</sub>+P<sub>43</sub>+K<sub>28</sub>+Mg<sub>2</sub>+B<sub>0,5</sub>+Mn<sub>0,2</sub>+Zn<sub>0,2</sub>+ фертивант), которое вносили по вегетирующим растениям у сорта Палац в дозах по 2,5 кг/га в фазу смыкания ботвы и в фазу бутонизации–конец цветения. Также использовали польское комплексное удобрение Адоб Профит со следующим содержанием: азот (10 %), фосфор (40 %) калий (8 %), бор (0,05 %), медь (0,1 %), марганец (0,1 %), цинк (0,1 %), магний (3,0 %), молибден (0,01 %), в дозе 2,0 кг/га в фазу высоты растений 15–20 см и в фазу цветения. В опыте применяли белорусское комплексное удобрение МикроСтим В, Су включающее (N – 65 г/л, В – 40 г/л, Су – 40 г/л, гуминовые вещества 0,6–6,0 мг/л) в дозе 1,3 л/га в фазу начала бутонизации, а также регулятор роста Оксигумат (картофель) с содержанием гуминовых веществ, макро- и микроэлементов (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, B, Mn). 6%-ный концентрат биологически активных веществ (в перерасчете на ОМ – 90 %) в дозе 1,0 л/га в фазу высоты растений 15–20 см и в фазу бутонизации.

Уход за посадками картофеля состоял из трёхкратных междурядных обработок культиватором-окучком. В 2020 г. до появления всходов вносили почвенный гербицид Мистрал в дозе (1,0 кг/га), по всходам Фюзилад Форте (1,0 л/га), проводили две обработки против фитофтороза препаратом Акробат МЦ (2,0 кг/га) и одну обработку Трайдекс (1,5 кг/га), инсектицидная обработка проводилась препаратом Борей (0,12 л/га) двукратно. В 2021 г. до всходов картофеля использовали почвенный гербицид Мистрал в дозе (1,0 кг/га), по всходам против однолетних и многолетних двудольных и злаковых применяли гербицид Кассиус ВРП (50 г/га) и Фюзилад Форте в дозе (1,8 л/га). Фунгицидные обработки проводили Орвего (0,8 л/га) и Ридомил Голд МЦ в дозе (2,5 кг/га), инсектицидную обработку осуществляли препаратом Актара (0,07 кг/га). В течение вегетации проводили фенологические наблюдения и учеты в соответствии с методикой исследований по культуре картофеля [13]. Учет урожая проводили сплошным поделяночным методом с определением его структуры путем взвешивания клубней по фракциям. Товарность определяли весом всех клубней свыше 30 мм, выраженным в процентах от общего урожая.

Содержание сухого вещества в клубнях определяли согласно (ГОСТ 27548–97) – высушиванием в термостате при температуре 100–105 °С; крахмала по удельному весу клубней; витамина С методом Мурри; растворимых углеводов методом Бертрана (ГОСТ 26176–91); нитратов – ионометрически (ГОСТ 134,96,19–86), сырого протеина – расчетным путем (умножением содержания общего азота на коэффициент 6,25 для картофеля); цинк, медь – на атомно-адсорбционном спектрофотометре (ГОСТ 30692–2000).

Оценку дегустационных показателей клубней картофеля (вкус, разваримость) и технологических (потемнение мякоти в сыром и вареном виде) выполняли согласно методическим рекомендациям РУП НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству «Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля» [14]. Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову.

Проведённые в 2020–2021 гг. исследования показали, что применение макро-, микроудобрений и регуляторов роста оказывало положительное влияние на урожайность клубней картофеля (табл. 1).

Обработка посадок картофеля по вегетирующим растениям комплексным удобрением Нутривант плюс (картофельный) и регулятором роста Оксигумат (картофель) у раннего сорта Палац по действию на урожайность клубней было равнозначным (35,5 и 35,1 т/га) и повышало её по сравнению с фоновым вариантом ( $N_{70}P_{80}K_{120}$ ) на 3,7 и 3,3 т/га. Окупаемость 1 кг НРК кг клубней в этих вариантах составила 13,7 и 12,2 кг соответственно. При использовании МикроСтима В, Су на фоне  $N_{70}P_{80}K_{120}$  урожайность

картофеля и окупаемость 1 кг NPK кг клубней составили 34,9 т/га и 11,5 кг соответственно. Максимальная продуктивность картофеля (36,8 т/га) у сорта Палац была получена при некорневой подкормке комплексным удобрением Адоб Профит на фоне N<sub>70</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub>. В этом варианте опыта прибавка урожайности к фону составила 5,0 т/га, а окупаемость 1 кг NPK урожаем клубней 18,5 кг.

Таблица 1. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и фракционный состав клубней картофеля сорта Палац

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожая к фону, т/га	Окупаемость 1 кг д.в. NPK удобрений урожаем клубней, кг	Масса клубней по фракциям, г/куст/% от общей массы		
				менее 30 мм	30–60 мм	более 60 мм
1. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> – Фон	31,8	–	–	103,3/12,9	573,9/72,1	126,4/15,0
2. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> +МикроСтим В, Си	34,9	3,1	11,5	66,8/7,1	700,4/75,0	170,5/17,9
3. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> +Нутривант плюс	35,5	3,7	13,7	35,4/3,7	729,2/77,8	175,2/18,5
4. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> +Адоб Профит	36,8	5,0	18,5	51,0/5,3	689,6/72,6	212,8/22,1
5. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> +Оксигумат (картофель)	35,1	3,3	12,2	30,7/3,4	702,3/78,2	169,1/18,4
НСР <sub>05</sub>	1,1	–	–	–	–	–

Анализ структуры урожая показывает, что применение по вегетирующим растениям комплексных удобрений с содержанием макро-, микроэлементов и регуляторов роста оказывает положительное влияние на фракционный состав клубней. У сорта Палац самый большой выход мелкой фракции клубней менее 30 мм (12,9 %) и минимальный выход клубней крупной фракции размером более 60 мм (15,0 %) в структуре урожая был отмечен на фоне N<sub>70</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub>. Минимальная доля мелких клубней получена при применении Нутриванта плюс (3,7 %) и Оксигумата (3,4 %) на фоне N<sub>70</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub>. Максимальная урожайность в варианте с применением Адоб Профит на фоне N<sub>70</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub> была получена за счет увеличения выхода крупной фракции клубней более 60 мм, где он составил 22,1 %, что на 7,1 % превышало фон.

Несколько меньше доля клубней крупной фракции была отмечена в среднем за два года исследований (2020–2021 гг.) в вариантах с использованием водорастворимого комплексного удобрения Нутривант плюс и регулятора роста Оксигумат (картофель) с содержанием гуминовых веществ, макро- и микроэлементов – 18,5 и 18,4 % соответственно. Обработка посадок картофеля Оксигуматом (картофель) на фоне N<sub>70</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub> способствовала повышению средней фракции клубней (30–60 мм) с 72,1 до 78,2.

Наиболее высокая товарность клубней картофеля сорта Палац в среднем за 2020–2021 гг. исследований наблюдалась при применении Нутриванта плюс (96,3 %) и регулятора роста Оксигумат (96,6 %) на фоне N<sub>70</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub> соответственно. Несколько ниже товарность клубней была получена при использовании Адоб Профит (94,7 %). При применении МикроСтива В, Си товарность клубней снижалась до 92,9 %.

У сорта Палац максимальное количество крахмала в клубнях картофеля было получено при применении комплексного удобрения Адоб Профит на фоне N<sub>70</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub> (16,2 %). Выход крахмала в этом варианте составил 6,0 т/га (табл. 2). Применение МикроСтива В, Си и Оксигумата на фоне N<sub>70</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub> не повышало содержание крахмала в клубнях, но увеличивало выход крахмала на 0,5 т/га в связи с возрастанием урожайности.

Таблица 2. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на качество клубней картофеля сорта Палац (среднее за 2020–2021 гг.)

Вариант	Содержание крахмала, %	Выход крахмала, т/га	Сухое вещество, %	Витамин С, мг %	Сырой протеин, % на сухое вещество	Растворимые углеводы, %	Нитраты (мг/кг)
1. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> – Фон	15,7	5,0	20,73	18,12	8,38	0,84	28,6
2. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> +МикроСтим В, Си	15,6	5,5	19,9	18,44	9,19	0,79	37,0
3. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> +Нутривант плюс	14,1	5,0	19,37	18,33	9,13	0,74	58,4
4. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> +Адоб Профит	16,2	6,0	21,98	17,33	8,69	0,84	44,5
5. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> +Оксигумат (картофель)	15,6	5,5	19,76	16,79	8,63	0,75	39,3
НСР <sub>05</sub>	0,3	–	0,7	0,4	0,7	0,03	9,2

Наибольшее содержание сухого вещества в клубнях картофеля в среднем за 2020–2021 гг. исследований у сорта Палац было получено при внесении N<sub>70</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub>+Адоб Профит (21,98 %), что выше фона на 1,25 %.

При применении некорневых подкормок по вегетирующим растениям содержание витамина С в клубнях картофеля находилось на уровне фона. Использование Нутриванта плюс увеличивало содержание сырого протеина к фону на 0,75 % и снижало количество растворимых углеводов к фону на 0,1 %. Обработка растений МикроСтим В, Си увеличивала содержание сырого протеина к фону на 1,26 % и снижало количество растворимых углеводов к фону на 0,05 % соответственно. При применении Оксигумат (картофель) на фоне N<sub>70</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub> снижало количество растворимых углеводов к фону на 0,09 %.

Важную роль в качестве продукции играет содержание нитратов, которые характеризуют пригодность использования картофеля в пищу. Предельно допустимое значение содержания нитратов в клубнях картофеля (согласно Постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь) –

250 мг/кг. В наших исследованиях содержание нитратов в клубнях не превышало ПДК и зависело от сорта и его скороспелости, применения удобрений и регуляторов роста.

В варианте с Нутривантом плюс у сорта Палац в среднем за два года количество нитратов было максимальным и составило 58,4 мг/кг сырой массы клубней. Было отмечено незначительное повышение нитратов в клубнях картофеля по сравнению с фоном и в других вариантах опыта. Применение комплексного удобрения Адоб Профит и МикроСтим В, Сu, а также регулятора роста Оксигумат (картофель) повышало содержание нитратов на 15,9; 8,4 и 10,7 мг/кг сырой массы клубней соответственно.

Таблица 3. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на потемнение мякоти клубней картофеля сорта Палац

Вариант опыта	Ферментативное потемнение мякоти, балл (9-1)			Неферментативное потемнение мякоти, балл (9-1)		
	2020 г	2021 г	среднее	2020 г	2021 г	среднее
1. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> – Фон	9	9	9	9	9	9
2. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> +МикроСтим В, Сu	7	7	7	9	7	8
3. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> +Нутривант плюс	7	5	6	9	9	9
4. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> +Адоб Профит	9	7	8	9	9	9
5. N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> +Оксигумат (картофель)	9	7	8	9	9	9
НСР <sub>05</sub>	–	–	–	–	–	–

К отрицательным показателям качества клубней картофеля относятся появление темной окраски мякоти сырых клубней (ферментативное потемнение), а также потемнение в процессе варки (неферментативное потемнение). Картофель Палац по потемнению сырой мякоти в среднем за 2020–2021 гг. исследований оценивался на 7–9 баллов и характеризовался, как слаботемнеющий. Только применение Нутриванта плюс на фоне N<sub>70</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub> способствовало ферментативному потемнению клубней до 6 баллов. В вариантах опыта у сорта картофеля Палац в среднем за два года исследований не было отмечено существенного (неферментативного) потемнения мякоти клубней картофеля после варки (табл. 3).

#### Заключение

Двукратная некорневая подкормка комплексным удобрением Адоб Профит на фоне N<sub>70</sub>P<sub>80</sub>K<sub>120</sub> в среднем за 2020–2021 гг. повышала урожайность клубней раннего сорта Палац на 5,0 т/га, способствовала получению максимальной урожайности картофеля – 36,8 т/га, увеличивала выход крупной фракции клубней до 22,1 %, товарность клубней картофеля до 94,7 %, содержание крахмала на 0,5 %, выход крахмала на 1,0 т/га, сухого вещества на 1,25 %. Картофель Палац по потемнению сырой мякоти в среднем за два года исследований оценивался, как слаботемнеющий. В наших исследованиях содержание нитратов в клубнях картофеля сорта Палац не превышало ПДК.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Лапа, В. В. Эффективность применения новых форм удобрений Адоб, Басфолиар и Солибор ДФ при возделывании сельскохозяйственных культур / В. В. Лапа, М. В. Рак // Земляробства і ахова раслін. – 2001. – №1. – С. 28–29.
- Лапа, В. В. Эффективность применения удобрений Адоб, Басфолиар и Адоб Профит в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / В.В. Лапа, М.В. Рак // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – № 3. – С. 28 – 31.
- Лапа, В. В. Влияние комплексных удобрений Витамар на урожайность и качество сельскохозяйственных культур / В. В. Лапа, Н. И. Ивахненко, М. К. Мисник, Г. А. Мисник // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – №4. – С. 56–59.
- Вильдфлуш, И. Р. Оценка эффективности современного применения КАС с регуляторами роста и микроэлементами при возделывании озимой ржи на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / И. Р. Вильдфлуш, М. А. Лещина // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – №6. – С. 16–20.
- Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларус. Навука, 2011. – 293 с.
- Ягодин, Б. А. Агрохимия. Учебник для студ. высш. учебн. завед. / Б. А Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. – М., 2002. – С. 584.
- Алексашова, В. С. Справочник агронома Нечерноземной зоны / В. С. Алексашова, В. И. Анискин, Б. П. Асакин. – М., 1990. – 575 с.
- Пейве, Я. В. Агрохимия и биохимия микроэлементов. Избран. тр. / Я. В. Пейве – М.: Наука, 1980. – 430 с.
- Рудакова, Э. Ф. Микроэлементы: поступление, транспорты и физиологические функции в растениях / Э. Ф. Рудакова, К. Д. Карасик. – Киев: Наукова Думка, 1987. – 184 с.
- Применение новых форм минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: рекомендации / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2014. – 38 с.
- Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения новых форм комплексных удобрений при возделывании среднераннего сорта картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / И. Р. Вильдфлуш, Е. Л. Ионас // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 2. – С. 21–24.
- Ионас, Е. Л. Эффективность применения новых форм комплексных удобрений и регуляторов роста при возделывании среднепозднего картофеля на дерново-подзолистой почве / Е. Л. Ионас // Вестник БГСХА. – 2016. – № 3. – С. 86–90.
- Методика исследований по культуре картофеля / НИИ картофельного хозяйства; редкол.: Н. С. Бацанов [и др.]. – Москва, 1967. – 265 с.
- Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев [и др.]. – Минск, 2003. – 70 с.

## СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КАК ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ УРОЖАЙНОСТИ СЕМЯН ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

О. А. ПОРХУНЦОВА, В. Н. ЗАЦЕПИНА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: botanika\_bgsha@mail.ru

(Поступила в редакцию 15.03.2023)

Оценка исходного материала льна масличного по элементам семенной продуктивности позволяет выделить перспективные источники для селекционной работы на повышение урожайности семян и сохранения ее стабильности. Существенные различия исходного материала по селекционному происхождению и эколого-географическому фактору позволило выделить образцы, характеризующиеся мелкосемянностью (Сонечны, LM-97, Bilton; с массой 1000 семян до 5,0 г) и крупносемянностью (Comtess, Marquiss, Эврика; с массой 1000 семян свыше 7,0 г); с высокой завязываемостью семян в коробочке: Hazeldeum, Amon, Ligebling, Салют (6,2–6,4 шт.), Визирь (6,6 шт.), Сонечны (7,4 шт.). По совокупности таких признаков, как количество семян в коробочке и масса 1000 семян, были выделены образцы, характеризующиеся значительным уровнем показателей и их стабильностью по годам: Ligebling (6,4 семян/коробочке; 6,15 г), Визирь (6,6 семян/коробочке; 5,79 г) и Салют (6,3 семян/коробочке; 5,64 г). Визуальным признаком высокой продуктивности является количество коробочек на растении; селекционно-ценными источниками данного признака являются образцы Mc. Duff, Baikal (по 10 шт.), Opus, Кинельский, (по 11 шт.), Astral, Selektion (по 11,6 шт.) и Салют (12,6 шт.). Одним из определяющих показателей уровня потенциальной урожайности является семенная продуктивность растения, которая по образцам питомника исходного материала составила от 0,116 г (Дебют) до 0,458 г (Салют). Достаточно высоким уровнем семенной продуктивности обладали образцы Barbara (0,3 г), Opus (0,308 г), Selektion (0,314 г), Визирь (0,332 г), Astral (0,353 г), Кинельский (0,366 г), и Салют (0,458 г), включение которых в селекционную работу обеспечит создание нового высокопродуктивного исходного материала.

**Ключевые слова:** лен масличный, масса 1000 семян, завязываемость семян и количество коробочек, семенная продуктивность.

*Evaluation of the source material of oil flax according to the elements of seed productivity makes it possible to identify promising sources for breeding work to increase seed yield and maintain its stability. Significant differences in the source material in terms of breeding origin and ecological and geographical factor made it possible to identify samples characterized by small seeds (sonechny, lm-97, bilton; with a weight of 1000 seeds up to 5.0 g) and coarse seeds (comtess, marquiss, evrika; with a weight of 1000 seeds over 7.0 g); with a high set of seeds in a box: hazeldeum, amon, ligebling, salut (6.2–6.4 pcs), vizir (6.6 pcs.), sonechny (7.4 pcs).*

*Based on the combination of such characteristics as the number of seeds in a box and the weight of 1000 seeds, samples were identified that are characterized by a significant level of indicators and their stability over the years: ligebling (6.4 seeds/box; 6.15 g), vizir (6.6 seeds /box; 5.79 g) and salut (6.3 seeds/box; 5.64 g).*

*A visual sign of high productivity is the number of bolls per plant; selection-valuable sources of this trait are samples of mc. Duff, baikal (10 each), opus, kinelsky (11 each), astral, selektion (11.6 each) and saljut (12.6 each).*

*One of the determining indicators of the level of potential yield is the seed productivity of the plant, which, according to the samples of the nursery of the source material, ranged from 0.116 g (debut) to 0.458 g (salut). The samples of barbara (0.3 g), opus (0.308 g), selektion (0.314 g), vizir (0.332 g), astral (0.353 g), kinelsky (0.366 g), and salut (0.458 g) had a fairly high level of seed productivity. Including them in breeding work will ensure the creation of a new highly productive source material.*

**Key words:** oil flax, weight of 1000 seeds, seed set and number of boxes, seed productivity.

### Введение

Лён масличный является технической культурой мирового масштаба. По данным научных и научно-производственных мировых организаций ежегодные посевные площади масличного льна составляют примерно 3 млн га, а льна-долгунца – не более 500 тыс. га. Самыми крупными мировыми производителями и экспортёрами масличного льна за последнее пятилетие поменялись и стали Канада, Казахстан и Россия. В 2018 г. эти странами было выполнено 77 % мирового уровня производства льна масличного: Канада 32 %, Россия 26 % и Казахстан 19 %. Достаточно масштабным стало производство масличного льна в России. Посевные площади в РФ выросли за последнее десятилетие более чем в 4 раза: в 2010 году они составили лишь 266 тыс.га, в 2019–816 тыс.га, а в 2021 году они были равны 1 млн.га [4, 7, 12].

В этих странах постоянно увеличивается урожайность масличного льна и улучшается качество его продукции, что в основном происходит за счет создания новых сортов и совершенствования технологии возделывания, обеспечивающих получение более 10–15 ц/га семян с содержанием масла до 50 % и выше (волокна – 15 %). Основными потребителями семян льна масличного, а также масла и продуктов его переработки являются Бельгия, Китай, Германия, США [4, 7, 12].

Лен масличный – скороспелая яровая масличная культура, нетипичная для почвенно-климатических условий Республики Беларусь. Стимулом для расширения посевных площадей льна масличного является наличие экспортного спроса на его семена в странах ближнего и дальнего зарубежья [5]. Среди масел технического направления использования льняное масло по объёму производства занимает первое место в мире. Перспективность льна масличного как современной технической культуры подтверждается многонаправленностью ее использования. Практическое применение имеет более 95 % биомассы растения льна масличного, в его семенах содержится более 50 % масла и до 33 % белка. Жирнокислотный состав

масла и его содержание обеспечивают успешное использование льносемян на пищевые и медицинские цели, а также включение в качестве растительного сырья в лакокрасочную, кожевенную, бумажную, парфюмерную, электротехническую и другие отрасли промышленности [1, 2, 10].

Расширение зоны возделывания, несомненно, должно идти одновременно с расширением сортового потенциала льна масличного, адаптированного к данным условиям (Республика Беларусь, западные регионы России и другие зоны), характеризующего высоким потенциалом семенной продуктивности и устойчивости к патогенным факторам.

Основываясь на достаточно широком селекционном разнообразии исходного материала, целью исследований было провести оценку элементов семенной продуктивности и выделить ценные источники высокой семенной продуктивности, которые необходимо включать в селекционную работу на повышение урожайности льна масличного.

#### **Основная часть**

Опыт был заложен на опытном селекционном поле УНЦ «Опытные поля БГСХА» (2020–2021 гг). Почва участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке. По тепло- и влагообеспеченности Горецкий район относится к прохладной зоне с достаточным увлажнением, которые полностью соответствуют требованиям для возделывания льна масличного.

Закладка питомника осуществлялась вручную, в 2-кратной повторности (23.04.2020, 24.04.2021). Площадь посева учетной делянки составила 1 м<sup>2</sup> с шириной междурядий 10 см. Норма высева составила 1000 всхожих семян/м<sup>2</sup>. Контрольным сортом является Салют. Полные всходы были отмечены спустя 10–12 дней от даты посева. В процессе роста и развития растений проводились фенологические наблюдения, учёты и оценки состояния посевов в соответствии с рекомендациями по льну масличному [6, 8, 9]. При массовом лете льняной блошки проводилась 2-кратная обработка инсектицидом Карате, КЭ (0,1–0,15 л/га). В фазу «елочки» посева обрабатывались против сорной растительности баковой смесью гербицидов Хармони, СТС (0,01–0,025 г/га) и Гербитокс, ВРК (0,8–1,0 л/га) [3]. При достижении желтой спелости осуществлялась уборка вручную, после естественного подсыхания снопов – их обмолот и очистка. Учет элементов семенной продуктивности определяли путем анализа пробного снопа [8, 9].

Разнообразие исходного материала для целей селекции по льну масличному представлено 40 образцами различного селекционного и эколого-географического происхождения: Республика Беларусь, Украина, Россия, США, Чехия, Франция, Канада, Германия, Нидерланды, Австралия, Китай.

Масса 1000 семян является прямым признаком, характеризующим крупность семян, и косвенным показателем при оценке урожайности льна масличного. Данный показатель в зависимости от метеорологических условий года возделывания может незначительно изменяться. При оценке сортов льна масличного в 2020 г. масса 1000 семян в питомнике исходного материала составила 6,23±0,73 г. Самыми мелкими семенами обладал образец LM-97 (4,43 г), у которого окраска семян (темно-коричневые) и их мелкосемянность ежегодно является ярким сортовым признаком. Мелкими семенами также характеризовались образцы Сонечны (5,33 г), Золотистый (5,39 г) и Кинельский (5,39 г), у которых показатель массы 1000 семян был менее 5,5 г. В 2020 году образцы Altes (7,48 г), Comtess (7,96 г.), Barbara (7,36 г), Kaolin (7,09 г), Marquiss (7,63 г), Орфей (7,15 г) и Эврика (7,91 г) были отнесены в группу крупносемянных, характеризующихся массой 1000 семян свыше 7,0 г. Многие образцы (Салют, Исыкуль, Опус, Чибис и другие 12 образцов) имели достаточно мелкие семена, у которых масса 1000 семян была от 5,0 до 5,99 г (таблица).

Масса 1000 семян в питомнике исходного материала в 2021 году составила 5,25±0,81 г, что в сравнении с 2020 годом меньше на 0,98 г. Самые мелкие семена имел LM-97 с массой 1000 семян 3,56 г (в 2019 году масса 1000 семян составила 4,13 г; 2020 – 4,43 г). Мелкие семена были также у образцов Сонечны (4,03 г), Redving (4,08 г), Bilton (4,13 г), у которых масса 1000 семян была ниже среднего показателя (5,25±0,81 г). В группу крупносемянного льна масличного были отнесены образцы, имеющие массу 1000 семян в 2021 году выше среднего показателя по питомнику: Айсберг (6,56 г), Comtess (6,80 г), Marquiss (6,63 г) и Эврика (7,35 г).

Из всего исходного материала в 2021 г. достаточно много образцов (13 из 33) имели также мелкие семена – масса 1000 семян составила не более 5 г (Дар, Кинельский, Опус, Чибис и другие). Из всех образцов только 20 имели средний показатель по массе 1000 семян, который составил от 5 до 6 г (Салют, Бонус, Илим, Славянин, Орфей и другие). Главным генеративным органом у льна масличного является коробочка, количество которых на растении является ярким визуальным признаком высокого потенциала урожайности семян. В среднем по питомнику исходного материала данный показатель в 2020 г. составил 7,56±1,82 шт. По количеству сформированных коробочек на растении образцы питомника исходного материала значительно различались – от 3,3 до 16,2 шт/растение, или в среднем 7,56±3,08 шт/растение. Значительное количество коробочек на одном растении было сформировано у образцов Дар (16,2 шт), Astral (13,5 шт), L-26 (13,1 шт), Кинельский (12,8 шт), Опус (11,3 шт) и Baikal (11,2 шт). В 2021 г. данный показатель составил 9,08±2,46 шт (+1,5 шт/растение к показателю 2020 г.). Как и в предыдущем году, сохранилось значительное различие образцов по количеству сформированных коробочек на растении – от 5 до

15 шт/растение. Были выделены образцы Pr. Blue, Selektion, Славянин, Kaolin, Опус, Орфей, Лирина, Илим, и Салют, у которых на одном растении было сформировано свыше 10 коробочек.

При высоких показателях завязываемости семян и количества сформированных коробочек исходный материал льна масличного в совокупности характеризуется высоким потенциальным уровнем семенной продуктивности растения. Число семян в коробочке льна генетически определено: не более 10 шт. В 2020 г. по питомнику исходного материала число семян в одной коробочке составило  $5,08 \pm 1,41$  шт. В сравнении с 2019 г. данный показатель практически не изменился ( $5,52 \pm 1,27$  шт), что в большей степени может быть связано с увеличением разнообразия исходного материала льна масличного в питомнике [11]. Менее 4 семян/коробочку имели образцы, включенные в питомник исходного материала в 2020 году: Comtess, Эврика, Чибис, W 561/8 Ro-9, Simfonya, Славянин, Дебют, Брестский (2,0–3,8 семян/коробочке). У образцов Comtess и Эврика низкая завязываемость семян в коробочке (2,0–2,5 семян/коробочке) может быть частично связана с крупносемянностью: масса 1000 семян у данных образцов была максимальной для 2020 года (7,96 г и 7,91 г, соответственно). Остальные образцы имели низкую завязываемость (3,0–3,8 семян/коробочке) при средних показателях массы 1000 семян для большинства возделываемых сортов льна масличного (5,73–6,13 г).

#### Структурные элементы семенной продуктивности и урожайность образцов льна масличного

Исходный материал	Масса 1000 семян, г		Коробочек, шт/растен.		Семян, шт/короб.		Семенная продуктивность, г/растение			Урожайность семян, г/м <sup>2</sup>
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	среднее	
Салют	5,83	5,45	10,5	14,8	5,1	7,5	0,312	0,604	0,458	139,7
Altes	7,48	6,01	5,7	6,6	4,3	3,0	0,181	0,119	0,150	70,5
Amon	5,92	4,97	5,4	7,0	6,9	5,8	0,223	0,202	0,213	112,9
Astral	6,83	5,41	13,48	9,8	4,7	5,1	0,435	0,270	0,353	128,8
Бонус	6,64	5,90	3,3	6,4	6,4	4,3	0,143	0,165	0,154	59,3
Брестский	5,87	5,12	3,8	10,0	3,6	3,4	0,082	0,175	0,129	54,8
Comtess	7,96	6,80	4,3	6,7	2,0	2,1	0,068	0,096	0,082	31,2
Визирь	6,32	5,27	8,7	9,0	5,9	7,2	0,323	0,341	0,332	111,2
Balladi Toll	5,83	4,46	6,6	4,2	4,8	8,3	0,187	0,155	0,171	88,1
Barbara	7,36	5,44	10,2	7,3	5,8	4,1	0,437	0,162	0,300	129,0
Baikal	5,95	4,68	11,2	9,4	4,5	4,7	0,299	0,208	0,254	102,9
Bilton	5,59	4,13	8,2	10,1	6,2	5,5	0,282	0,230	0,256	149,8
Bison	6,43	5,56	8,2	7,1	4,0	5,1	0,213	0,290	0,252	105,8
Hazeldeum	5,88	5,05	4,4	7,2	6,7	5,7	0,174	0,207	0,191	103,1
Дар	6,17	4,96	16,2	5,0	4,3	5,7	0,435	0,141	0,288	76,3
Дебют	6,12	5,16	3,7	7,0	3,7	4,1	0,084	0,148	0,116	56,8
Золотистый	5,39	4,65	7,2	10,1	5,4	4,9	0,208	0,231	0,220	88,0
Илим	6,57	5,84	6,3	11,7	5,6	4,9	0,234	0,336	0,285	146,8
Иссыкуль	5,87	4,88	5,3	6,0	4,6	4,7	0,143	0,138	0,141	66,3
Kaolin	7,09	5,67	3,9	13,5	4,6	4,1	0,129	0,314	0,222	155,4
Кинельский	5,39	4,80	12,8	9,3	8,0	4,1	0,550	0,182	0,366	206,8
Лирина	6,05	5,47	3,3	11,4	5,6	5,6	0,110	0,352	0,231	77,4
Ligehling	6,23	6,07	6,1	7,8	5,8	7,0	0,220	0,331	0,276	132,5
LM-97	4,43	3,56	4,3	8,8	5,6	6,1	0,107	0,191	0,149	70,8
LM-98	5,67	4,62	7,1	8,8	8,2	4,9	0,329	0,200	0,265	100,7
Marquiss	7,63	6,63	7,4	7,4	4,2	6,2	0,236	0,304	0,270	109,3
Mc Duff	6,21	4,84	9,6	10,0	4,5	6,3	0,268	0,304	0,286	103,0
Опус	5,57	4,56	11,3	10,8	4,6	6,7	0,287	0,328	0,308	114,0
Орфей	7,15	5,72	8,1	10,9	4,2	3,4	0,242	0,211	0,227	95,3
Prairie Blue	6,17	4,71	7,8	11,9	6,2	2,6	0,300	0,145	0,223	138,3
Славянин	6,13	5,13	8,5	13,2	3,8	4,9	0,198	0,331	0,265	83,5
Сонечны	5,33	4,03	7,7	9,0	7,5	7,3	0,309	0,265	0,287	139,2
Selektion	6,13	5,05	9,3	13,8	6,7	3,5	0,383	0,244	0,314	111,5
Simfonya	6,05	5,28	9,3	7,9	3,0	7,0	0,170	0,292	0,231	70,5
W 561/8 Ro-9	5,96	6,04	5,5	7,0	3,7	6,8	0,122	0,286	0,204	90,8
Чибис	5,73	4,64	6,2	9,2	3,3	7,6	0,119	0,324	0,222	76,6
Фокус	6,32	5,01	7,2	9,4	5,6	4,0	0,256	0,188	0,222	53,3
Эврика	7,91	7,35	7,1	5,0	2,5	8,7	0,138	0,318	0,228	111,7
Jupiter	5,79	-	4,2	-	5,1	-	0,125	-	0,125	87,5
L-26	6,40	-	13,1	-	6,0	-	0,506	-	0,506	237,8
Айсберг	-	6,56	-	7,4	-	3,5	-	0,171	0,171	95,8
Redving	-	4,08	-	6,9	-	5,2	-	0,143	0,143	54,3
$\bar{x} \pm S_x$	$6,23 \pm 0,73$	$5,25 \pm 0,81$	$7,56 \pm 3,08$	$9,08 \pm 2,46$	$5,08 \pm 1,41$	$5,35 \pm 1,65$	$0,240 \pm 0,12$	$0,271 \pm 0,15$		

По завязываемости семян преобладанием в сравнении с относительным средним показателем по питомнику исходного материала характеризовались Hazeldeum, Amon, Кинельский, Сонечны и LM-98. Максимально высоким уровнем завязываемости семян обладали Сонечны (7,5 семян/коробочке),

Кинельский (8,0 семян/коробочке) и LM-98 (8,2 семян/коробочке), характеризующиеся масса 1000 семян на уровне 5,33; 5,39 и 5,67 г, соответственно.

В 2021 г. в сравнении с предыдущими годами показатель «число семян в коробочке» практически не изменился:  $5,35 \pm 1,65$  шт (2020 –  $5,08 \pm 1,41$  шт; 2019 –  $5,52 \pm 1,27$  шт). Однако были определены образцы с очень низким значением данного показателя: Айсберг (3,5 шт), Comtess (2,1 шт), Altes (3,0 шт), Брестский (3,4 шт), Selektion (3,5 шт), Орфей (3,4 шт). У образцов Comtess, Altes и Айсберг низкая завязываемость семян в коробочке (2,1; 3,0 и 3,5 шт) частично связана с крупносемянностью. Остальные образцы имели низкую завязываемость при средних показателях массы 1000 семян для большинства изучаемых образцов льна масличного в 2021 г.

По завязываемости семян в коробочке в питомнике исходного материала 2021 года были выделены образцы Салют (7,5 шт), Визирь (7,2 шт), Сонечны (7,3 шт), Ligebling, Simfonya (по 7,0 шт), Balladi Toll (8,3 шт) и Эврика (8,7 шт).

По совокупности двух признаков, значительно влияющих на уровень семенной продуктивности образца (количеству семян в коробочке и массе 1000 семян) в 2020 г., необходимо выделить образцы Barbara (7,36 г; 5,8 семян/коробочке), Кинельский (5,39 г; 8,0 семян/коробочке) и L-26 (6,40 г; 6,0 семян/коробочке); в 2021 году – Эврика (7,35 г; 8,7 семян/коробочке), Ligebling (6,07 г; 7,0 семян/коробочке), Визирь (5,27 г; 7,2 семян/коробочке), и Салют (5,45 г; 7,5 семян/коробочке).

Ко времени уборки в 2020 г. на одном растении льна масличного было сформировано 8,6–102,1 семян, что свидетельствует о значительном различии образцов по данному показателю. В среднем по питомнику было получено  $38,94 \pm 20,04$  семян/растение. Ниже среднего уровня по количеству семян на растении характеризовались Comtess (8,6 семян), Дебют (13,70 семян), Брестский (13,97 семян), Эврика (17,54 семян), Kaolin (18,26 семян), Лирина (18,32 семян). У образцов Брестский, Comtess, Дебют на низкую продуктивность растения оказало влияние совокупность двух факторов: как количество коробочек на растении (3,7–4,3 шт), так и количество семян в одной коробочке (2,0–3,7 шт). У образцов на низкую продуктивность в большей степени повлиял один из показателей: количество коробочек на растении (Бонус, Jupiter, Kaolin, LM-97, Hazeldeum) или количество семян в одной коробочке (Эврика, W 561/8 Ro-9, Чибис, Simfonya, Славянин).

По количеству семян с растения в 2020 г. были выделены образцы Selektion (62,52 семян/растение), Astral (63,74 семян/растение), Дар (70,49 семян/растение), L-26 (79,09 семян/растение) и Кинельский (102,1 семян/растение). В большей степени на высокую продуктивность растений оказал показатель «количество коробочек на растении» при завязываемости в коробочке не менее 5 семян. У образца Дар было сформировано 70,49 семян/растения благодаря максимально высокому количеству коробочек на одном растении (16,2 шт). Образцы Кинельский, Barbara и L-26 охарактеризуются максимально высоким количеством семян с растения по совокупности показателей: количество коробочек и завязываемости в них семян.

Весовой показатель семенной продуктивности одного растения льна масличного в питомнике исходного материала в 2020 г. составил  $0,24 \pm 0,12$  г или от 0,068 г до 0,550 г. Менее 0,1 г/растение семян было получено у образцов Comtess, Брестский, Дебют. Ниже среднего показателя по массе семян с растения также было получено у образцов LM-97, Лирина, W 561/8 Ro-9, Чибис. По уровню семенной продуктивности были выделены образцы Selektion (0,383 г), Дар (0,435 г), Barbara (0,437 г), L-26 (0,506 г) и Кинельский (0,550 г).

В 2021 г. было сформировано от 14,1 до 110,9 семян/растение льна масличного (при среднем значении  $47,3 \pm 17,7$  семян/растение), что подтверждает разнообразие исходного материала по семенной продуктивности. Менее 29 семян/растение было сформировано у образцов: Айсберг, Altes, Бонус, Comtess, Дар, Дебют, что было ниже среднего показателя по всем образцам. У этих образцов на низкую продуктивность растения оказало влияние, как количество коробочек на растении, так и количество семян в одной коробочке.

По количеству семян с растения были выделены образцы Чибис (69,9 семян/растение), Опус (72,1 семян/растение) и Салют (110,9 семян/растение). Также достаточно высокий уровень данного показателя имели Визирь (64,8 семян/растение), Лирина (64,4 семян/растение), Славянин (64,6 семян/растение), Сонечны (65,7 семян/растение), Ms. Duff (63,0 семян/растение). В большей степени на высокую продуктивность растений оказал показатель «количество коробочек на растении» при завязываемости в коробочке не менее 7 семян.

Уровень семенной продуктивности (г) растения льна масличного в питомнике исходного материала в 2021 г. составил  $0,271 \pm 0,146$  г (от 0,096 г до 0,604 г). У 15 образцов семенная продуктивность составила менее 0,2 г: Altes, Comtess, Брестский, Исскуль и другие.

По уровню семенной продуктивности в 2021 году были выделены образцы Визирь (0,341 г), Илим (0,336 г), Славянин, Ligebling (по 0,331 г), Лирина (0,352 г), Салют (0,604 г).

По уровню семенной продуктивности в результате двухлетних данных были выделены Barbara (0,3 г), Опус (0,308 г), Selektion (0,314 г), Кинельский (0,366 г), Визирь (0,332 г), Astral (0,353 г) и Салют (0,458 г), обеспечивающие получение свыше 0,3 г семян/растение.

На уровень урожайности семян образцов льна масличного в совокупности оказывает влияние, как семенная продуктивность растений, так и их количество на единице площади. В среднем за 2020–2021 гг. урожайность составила от 31,2 г/м<sup>2</sup> (Comtess) до 206,8 г/м<sup>2</sup> (Кинельский), а также по однолетним данным L-26 (237,8 г/м<sup>2</sup>). Совокупность элементов семенной продуктивности обеспечило образцам Astral, Ligebling, Pr. Blue и Сонечны получить урожайность свыше 12 ц/га, а образцам Bilton (149,8 г/м<sup>2</sup>), Илим (146,8 г/м<sup>2</sup>), Kaolin (155,4 г/м<sup>2</sup>), Кинельский (206,8 г/м<sup>2</sup>) также превысить урожайность контрольного сорта Салют (139,7 г/м<sup>2</sup>).

### **Заключение**

Оцененный исходный материал льна масличного включал образцы, различающиеся как эколого-географическим фактором, так и селекционным происхождением. Оценка образцов льна масличного по элементам семенной продуктивности позволила выделить ценные источники для селекционной работы по данному направлению.

В качестве источников крупносемянности льна масличного в селекционную работу рекомендуется включать Comtess, Marquiss и Эврика с массой 1000 семян свыше 7,0 г. Селекционно-ценными источниками по количеству коробочек на растении являются Mc. Duff, Опус, Baikal, Astral, Кинельский, Selektion и Салют, у которых на одном растении было сформировано свыше 10 коробочек.

Стабильно высокой завязываемостью семян (не менее 6–7 семян/коробочке) обладали Салют Amon, Bilton, Визирь, Сонечны, Hazeldeum, Ligebling. По совокупности двух признаков (количеству семян в коробочке и массе 1000 семян) были выделены образцы: Ligebling, Визирь и Салют. Семенной продуктивностью свыше 0,3 г семян/растение характеризовались Barbara, Опус, Selektion, Кинельский, Визирь, Astral и Салют, что определяет данные образцы селекционно-ценными по данному признаку.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Айгера, М. Будет лён – будет аграрий силён / М. Айгера // Агротайм – №9 (47) – сентябрь 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agrotime.info/?p=8864> – Дата доступа: 26.11.2020.
2. Голуб, И. А. Лен Беларуси: монография / И. А. Голуб; РУП «Белорусский НИИ льна». – Минск: ЧУП «Орех», 2003. – 245 с.
3. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь: справочное издание / А. В. Пискун [и др.]. – Минск, 2017. – 688 с.
4. Лен и его производные. Россия стала мировым лидером по экспорту масляничного льна / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.russiapost.su/archives/219877> – Дата доступа: 20.11.2021.
5. Лён масличный / Первый сельскохозяйственный портал // [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://1-cx.com/articles/lyon\\_maslichnyi/](http://1-cx.com/articles/lyon_maslichnyi/) – Дата доступа: 20.03.2020.
6. Лях, В. О. Селекция льна масличного: методические указания / В. О. Лях, И. О. Полякова. – Запорожье, 2008. – 37 с.
7. Медведева, А. Лен в большой цене: эксперты объясняют высокую маржинальность культуры и почему Канада недавно проиграла России раунд в льноводстве / А. Медведева. – Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agromir-xx> – Дата доступа: 20.11.2021.
8. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) / В. З. Богдан [и др.]. – Устье, 2011. – 13 с.
9. Методические указания по селекции и семеноводству льна масличного / ВАСХНИИ им. В. И. Ленина; Отд-ние растениеводства и селекции. ВНИИ маслич. культур им. В. С. Пустовойта. – Москва, 1978. – 18 с.
10. Масличный лен как глобальный сырьевой ресурс для производства волокна / Э. В. Новиков [и др.] // Молочно-хозяйственный вестник. – 2017. – № 3 (27) – С. 187–202.
11. Порхунцова, О. А. Степень завязываемости семян льна масличного при внутривидовой гибридизации / О. А. Порхунцова, В. Н. Томашева // Технологические аспекты возделывания с.х культур: сб. ст. по мат. XVII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию агроном. фак. и 180-летию подготовки специалистов аграрного профиля, Горки, 28–29 января 2021 г. / УО БГСХА; редкол.: А. С. Мастеров [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – С. 319–323.
12. Предварительные итоги посевной 2021 // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/spravochnie-materiali.html/id/4467> – Дата доступа: 20.11.2021.

## ОЦЕНКА ИСХОДНОГО И СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЛЮПИНА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К АНТРАКНОЗУ

Ю. А. ДАШКЕВИЧ

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,  
г. Жодино, Республика Беларусь, e-mail: dashkevich.u84@gmail.com

(Поступила в редакцию 15.03.2023)

*В статье представлены результаты исследований по оценке устойчивости к антракнозу на инфекционном фоне сортообразцов люпина белорусской и зарубежной селекции. Всего с 2015 по 2021 гг. на инфекционном фоне оценено 605 образцов узколистного люпина. Больше всего устойчивых образцов выделено в 2016 году – 35,7 %, меньше всего в 2021 – 2,7 %. Среди образцов зарубежной селекции устойчивых не выявлено. Установлено, что сорта и образцы белорусской селекции поражаются антракнозом в меньшей степени, чем зарубежные. Анализ связи развития антракноза образцов люпина с погодными условиями вегетационного периода 2015–2021 гг. показал прямую линейную зависимость между количеством осадков (май–июль) и развитием антракноза белорусской селекции ( $r=0,80$ ) и зарубежной ( $r=0,87$ ). Связь между температурой воздуха и развитием заболевания практически отсутствует ( $r=0,13$ ).*

*Оценка на антракнозостойчивость коллекционного материала люпина различного географического происхождения показала, что самое низкое развитие болезни наблюдалось у люпина белого (22,5–47,0 %). Из сортов узколистного люпина лучшими оказались Ладный 7 (31,5 %), Мелкосемянный (46,1 %), Олигарх (47,9 %), Yorrel (44,8 %). Сорта желтого люпина поражались в сильной степени (70,5–92,0 %). При этом сорта узколистного люпина белорусской селекции поражались антракнозом менее интенсивно, кроме люпина желтого. Среди изученных сортов лучшими по устойчивости выделялись сорта узколистного люпина Гусляр (27,9 %) и Альянс (22,5 %).*

**Ключевые слова:** люпин, селекционные образцы, инфекционный фон, антракноз, эпифитотии.

*The article presents the results of studies on the assessment of resistance to anthracnose against an infectious background of lupine varieties of Belarusian and foreign selection. Total from 2015 to 2021, 605 samples of narrow-leaved lupine were evaluated against an infectious background. Most of the resistant samples were isolated in 2016 – 35.7 %, the least in 2021 – 2.7 %. Among the samples of foreign selection, no resistant ones were found. It has been established that varieties and samples of Belarusian selection are affected by anthracnose to a lesser extent than foreign ones. Analysis of the relationship between the development of anthracnose in lupine samples and the weather conditions of the growing season 2015–2021 showed a direct linear relationship between the amount of precipitation (May–July) and the development of anthracnose of Belarusian selection ( $r=0.80$ ) and foreign ( $r=0.87$ ). The relationship between air temperature and the development of the disease is practically absent ( $r=0.13$ ).*

*Assessment of anthracnose resistance of the collection material of lupine of various geographical origin showed that the lowest development of the disease was observed in white lupine (22.5–47.0 %). Of the varieties of narrow-leaved lupine, the best were Ladny 7 (31.5 %), Melkosemiannyi (46.1 %), Oligarch (47.9 %), Yorrel (44.8 %). Varieties of yellow lupine were strongly affected (70.5–92.0 %). At the same time, varieties of narrow-leaved lupine of Belarusian breeding were affected by anthracnose less intensively, except for yellow lupine. Among the studied varieties, the varieties of narrow-leaved lupine Guslyar (27.9 %) and Alliance (22.5 %) were the best in terms of resistance.*

**Key words:** lupine, breeding samples, infectious background, anthracnose, epiphytities.

### Введение

Антракноз (возбудитель *Colletotrichum lupini*) является самой вредоносной болезнью всех видов люпинов в мире. В годы эпифитотий распространенность антракноза может достигать 90–100 %. При этом потери зерна достигают 85–100 %, зеленой массы – 55–80 % [1, с. 123; 2; 3].

Опасность антракноза заключена в особенностях жизненного цикла его возбудителя, способах передачи и сохранения инфекции. При благоприятных погодных условиях болезнь стремительно достигает эпифитотийного уровня развития, при котором посевы неустойчивых сортов полностью погибают, а устойчивые сорта снижают урожайность. При этом массовое распространение возбудителя отмечается даже при незначительном наличии инфекции (0,001–0,01 % зараженных семян) и нередко полностью уничтожает посев, поражая каждое растение [4, с. 72].

Согласно литературным данным, нет единого мнения об устойчивости сортов. Так в некоторых случаях сорт считают устойчивым к поражению антракнозом, а в других условиях он оказывается очень восприимчивым к возбудителю болезни. Возможно, это связано с тем, что при проведении исследований создаются неодинаковые условия, влияющие на степень поражения, то есть различаются изоляты, инфекционная нагрузка и погодные условия. Еще У. Уильямс отмечал, что в одинаковых условиях один и тот же генотип дает одинаковые фенотипы, а в разных условиях – различные фенотипы. При этом наследуется норма реакции генотипа, которая проявляется при взаимодействии его со средой и называется степенью устойчивости [5].

Цель наших исследований – оценка устойчивости к антракнозу на инфекционном фоне видов люпина белорусской и зарубежной селекции, исходного, и селекционного материала люпина узколистного, выделение образцов с повышенной устойчивостью к патогену.

## Основная часть

Исследования проводились в РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» в лаборатории иммунитета в 2015–2021 гг. Погодные условия в годы исследований имели различный характер. Они отличались как по среднедекадной температуре, так и по количеству атмосферных осадков. Следует отметить, что погодные условия 2015, 2016, 2018 и 2021 гг. способствовали умеренному и депрессивному развитию антракноза, а условия 2017, 2019–2020 гг. вызвали эпифитотийное развитие болезни (рис. 1, 2).

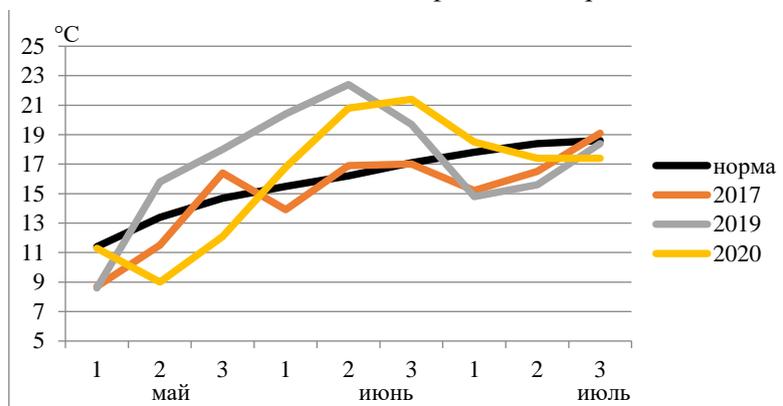


Рис. 1. Среднедекадная температура воздуха (°C) за 2017, 2019, 2020 гг. (метеостанция Борисов)

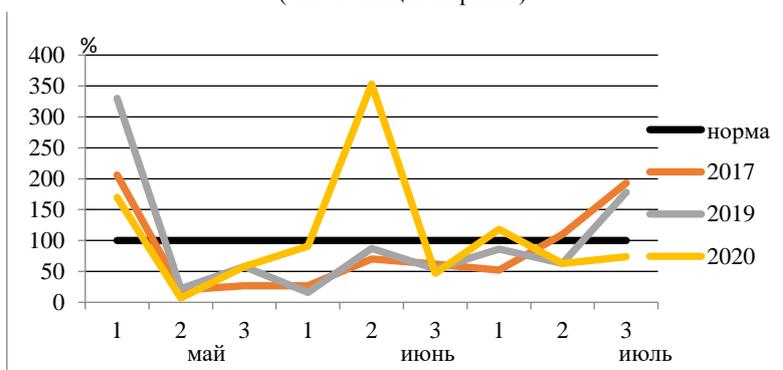


Рис. 2. Среднедекадное количество атмосферных осадков (% от нормы) за 2017, 2019, 2020 гг. (метеостанция Борисов)

Селекция на устойчивость к антракнозу проводилась при жестком контроле материала на искусственном инфекционном фоне. Для этого использовалась популяция возбудителя антракноза, собранная на территории республики и обладающая высокой патогенностью. Выделение, культивирование гриба и наращивание инфекционного материала осуществлялось на люпиновой среде (ЛГА) при температуре +22 °C и освещением ближним УФ-светом под эритемной лампой с 12-часовым режимом освещения [6].

Инфекционный фон размещался на участке, защищенном от ветра, где дольше всего сохраняется точка росы. Перед посевом проводилась инокуляция семенного материала в суспензии спор патогена, следующее заражение – в фазу бутонизации-цветения растений люпина. Плотность инокулята 3–5×10<sup>6</sup> спор в 1 мл воды. Семена помещались в полиэтиленовый пакетик, заливались споровой суспензией так, чтобы все семена были погружены в раствор. В таком виде образец находился при температуре не менее 22 °C в течение 8–12 часов. Затем семена высевались в почву одновременно с образцами без инокуляции (контроль). При появлении всходов проводился подсчет всхожести и поражение антракнозом по фазам развития растений люпина. Все пораженные растения удалялись и раскладывались в междурядья для накопления инфекции. К концу вегетации на делянке оставались растения без видимых признаков поражения антракнозом [6, 7].

Для развития эпифитотии заболевания растений необходимо сочетание трех факторов: благоприятные погодные условия, наличие источника инфекции и наличие восприимчивых сортов. Необходимо отметить, что, согласно литературным данным и нашим исследованиям, оптимальная температура воздуха для развития и распространения инфекции антракноза находится в интервале +20–25 °C, а влажность должна превышать 80 %. В ином случае вредоносность антракноза на люпине будет незначительной [8, 9].

Оценка и отбор устойчивого исходного и селекционного материала на инфекционном фоне проводились нами ежегодно. Отобранные устойчивые образцы люпина передавались в отдел зернобобовых культур для дальнейшей оценки селекционерами по хозяйственно полезным признакам. Следует отметить, что все сортообразцы оценивались в условиях равной качественной и количественной инфекционной нагрузки возбудителя.

По нашим наблюдениям, развитие антракноза на разных видах люпина зависело от совпадения восприимчивых к заболеванию фаз и благоприятных для развития болезни погодных условий. Желтый люпин поражен антракнозом на всех этапах онтогенеза, среди которых есть и наиболее восприимчивые фазы – стебление и бобообразование. Растения узколистного люпина поражались антракнозом преимущественно в фазы всходов и бобообразования (рис. 3). У белого люпина уязвимой фазой являлись всходы.



Рис. 3. Поражение антракнозом растений люпина узколистного в фазу всходов и бобообразования

По результатам многолетних наблюдений было выявлено, что сортообразцы люпина белорусской селекции поражаются антракнозом в меньшей степени, чем зарубежные. Это связано с тем, что они более приспособлены к климатическим условиям республики.

Проведен анализ связи развития антракноза образцов люпина белорусской и зарубежной селекции, и погодных условий вегетационных периодов 2015–2021 гг. Коэффициент корреляции показал прямую линейную зависимость между количеством выпавших осадков (май-июль) и развитием антракноза образцов люпина белорусской ( $r=0,80$ ) и зарубежной селекции ( $r=0,87$ ). Связь между температурой воздуха и развитием болезни слабая или отсутствует ( $r=0,13$ ). Коллекционный материал люпина получен из Национального банка семян генетических ресурсов хозяйственно-полезных растений. Большинство образцов относились к виду люпин узколистный. Селекционные сортообразцы узколистного люпина питомников (ПР, СП-2, СП-1, КП, КСИ) для оценки на устойчивость к антракнозу ежегодно поступали из отдела зернобобовых культур. Сорты отечественной селекции преимущественно селекции НПС по земледелию. Из коллекции сортов различного географического происхождения на инфекционном фоне оценивалось 32 сорта узколистного люпина, 6 желтого и 8 белого (табл. 1).

Антракноз в сильной степени повлиял на полевую всхожесть семян люпина, у большинства сортов она снизилась значительно, и находилась в пределах 15,0–58,8 %. Развитие болезни в период вегетации имело различный характер по сортам и варьировало от 22,5 до 93,3 %.

Таблица 1. Оценка коллекционных сортов люпина на устойчивость к антракнозу на инфекционном фоне

Сорт	Происхождение	Количество испытаний (лет)	Полевая всхожесть инокулированных семян, %	Развитие болезни, %
Узколистный люпин				
Немчиновский 846	Россия	4	55,3	67,7
Кристалл	Россия	3	62,9	72,4
Смена	Россия	3	74,6	61,7
Северный 3	Россия	2	15,0	93,1
Ладный 7	Россия	2	58,8	31,5
Олигарх	Россия	2	51,9	47,9
Узколистный 423	Россия	2	58,8	57,3
Мелкосемянный	Россия	2	78,2	46,1
Надежда	Россия	2	30,0	58,2
Дикаф	Россия	2	41,3	68,4
Брянский 1121	Россия	2	51,3	52,9
Высокорослый детерминант	Россия	2	40,7	72,0
Кормовой 344	Россия	2	33,8	69,7
Mirela	Польша	3	62,1	85,5
Пулавски ружовы вчесны	Польша	4	53,5	63,9
Эмир	Польша	3	37,1	84,1

Sonet	Польша	3	42,1	87,1
Казан	Польша	3	37,9	84,3
Фазан	Украина	3	37,5	87,7
Bora	Германия	2	78,2	59,1
Borweta	Германия	2	53,2	69,8
Gatersleben	Германия	3	62,9	66,2
Bordako	Германия	3	64,2	73,0
Bolivio	Германия	2	70,7	58,8
Uniharwest	Австралия	2	33,2	72,0
Unicrop	Австралия	2	70,0	63,5
Yorrel	Австралия	4	41,6	44,8
Myallie	Австралия	2	68,8	57,9
Rancher	США	2	72,5	65,8
Apendrilon	Греция	3	42,1	78,3
Prima	Дания	3	24,2	93,3
Stevens	Африка	2	51,3	55,4
Среднее	-	-	51,7	67,2
Желтый люпин				
Брянский 17	Россия	2	80,1	80,0
Обрий	Украина	2	63,2	92,0
Murzun	Польша	2	59,4	70,5
Надежный	Россия	2	52,5	90,8
Престиж	Россия	2	42,5	77,9
Tremosilla	Испания	2	77,5	82,5
Среднее	-	-	62,5	82,3
Белый люпин				
Дега	Россия	3	44,2	35,4
Гамма	Россия	3	38,3	34,7
Деснянский	Россия	2	88,3	43,4
Старт	Россия	2	85,0	22,5
Пищевой	Украина	2	50,0	36,9
Киевский мутант	Украина	2	41,7	47,0
Алый парус	Россия	2	40,0	30,6
Minogi	Германия	2	65,5	45,6
Среднее	-	-	56,6	37,0

Среди изученных сортов люпина лучшими по устойчивости к антракнозу оказались сорта, где развитие болезни не превышало 50,0 %. Из сортов узколистного люпина можно выделить Ладный 7 (31,5 %), Мелкосемянный (46,1 %), Олигарх (47,9 %) российской селекции и Yorrel (44,8 %) австралийской. У всех изученных сортов белого люпина наблюдалось не высокое развитие болезни (22,5–47,0 %). Однако сорта желтого люпина были поражены в сильной степени (70,5–92,0 %). Кроме того, проводилась оценка на устойчивость к антракнозу сортов люпина узколистного (15 шт.), желтого (6 шт.) и образцов белого (2 шт.) белорусской селекции (табл. 2).

Таблица 2. Оценка сортов и образцов люпина на устойчивость к антракнозу на инфекционном фоне

Сорт	Количество испытаний (лет)	Полевая всхожесть инокулированных семян, %	Развитие болезни в период вегетации, %
Узколистный люпин			
Миртан (контроль)	7	69,6	43,6
Ванюша	3	70,4	63,1
Талант	3	82,9	53,3
Жодзінскі	3	90,0	47,0
Кармавы	3	56,7	40,7
Гуливер	3	59,2	41,7
Купец	2	88,8	52,0
Чырвонец	2	92,5	53,5
Першацвет	3	85,0	38,7
Хвалько	2	92,5	56,3
Прывабны	2	90,0	50,0
Ян	3	78,5	66,3
Гусяр	4	75,7	27,9
Альянс	3	74,2	22,5
Ярык	3	80,0	31,3
Среднее	-	79,1	45,9
Желтый люпин			
Владко	4	42,8	73,5
Алтын	3	60,0	83,2
Магикан	2	50,0	88,8
Пингвин	2	47,5	94,7
Бригантина	2	32,5	89,6
Еврантус	2	32,5	78,1
Среднее	-	44,2	84,7
Белый люпин			
№ 21	2	80,7	33,7
№ 22	2	67,5	36,3
Среднее	-	74,1	35,0

Из таблицы видно, что сорта узколистного люпина белорусской селекции более устойчивы к антракнозу по сравнению с зарубежными. Сорта узколистного люпина Гусляр, Альянс и Ярык оказались лучшими по устойчивости к антракнозу среди всех изученных. Развитие болезни в период вегетации составило 27,9, 22,5 и 31,3 % соответственно. У образцов белого люпина развитие болезни в среднем составило 33,7–36,3 %. Сорта желтого люпина поражались антракнозом сильнее всех изученных видов люпина (73,5–94,7 %). Всего за годы исследований на устойчивость к антракнозу было оценено 605 образцов люпина узколистного белорусской и зарубежной селекции (табл. 3).

Таблица 3. Оценка селекционных образцов люпина узколистного на устойчивость к антракнозу на инфекционном фоне, 2015–2021 гг.

Образцы люпина белорусской селекции (ПР – КСИ)				Образцы люпина зарубежной селекции			
количество, шт.	Полевая всхожесть, %	развитие болезни, %	устойчивых, %	количество, шт.	полевая всхожесть, %	развитие болезни, %	устойчивых, %
2015 г.							
103	61,3	21,3	21,4	40	60,1	43,0	–
2016 г.							
56	86,5	35,6	37,5	8	33,8	65,4	–
2017 г.							
33	60,4	60,5	24,2	61	45,7	82,3	–
2018 г.							
26	75,6	46,7	23,1	21	55,0	74,0	–
2019 г.							
41	54,4	66,4	4,9	39	57,5	83,6	–
2020 г.							
30	90,0	67,8	16,7	–	–	–	–
2021 г.							
147	95,8	56,2	2,7	–	–	–	–

Всхожесть инокулированных образцов люпина белорусской селекции в разные годы исследований находилась в пределах 54,4–95,8 %, у зарубежных 33,8–60,1 % соответственно. Образцы люпина белорусской селекции за период исследований поражались антракнозом от 21,3 (2015 г.) до 67,8 % (2020 г.), у зарубежных образцов данный показатель варьировал от 43,0 (2015 г.) до 83,6 % (2019 г.).

В результате проведенной оценки люпина узколистного на устойчивость к антракнозу в условиях инфекционного фона ежегодно нами были выделены лучшие образцы, сочетающие устойчивость и продуктивность. Больше всего устойчивых образцов выделено в 2016 году – 37,5 %, меньше всего в 2021 – 2,7 %. Среди материала зарубежной селекции устойчивых не выявлено.

#### Заключение

Установлена прямая линейная зависимость между количеством выпавших осадков (май-июль) и развитием антракноза образцов белорусской ( $r=0,80$ ) и зарубежной селекции ( $r=0,87$ ). Связь между температурой воздуха и развитием болезни практически отсутствует ( $r=0,13$ ).

На инфекционном фоне поражение сортов люпина различного географического происхождения зависело от вида. Самое низкое развитие болезни в период вегетации наблюдалось у люпина белого (22,5–47,0 %). Из сортов узколистного люпина лучшими оказались Ладный 7 (31,5 %), Мелкосемянный (46,1 %), Олигарх (47,9 %) российской селекции и Yorrel (44,8 %) австралийской. Сорта желтого люпина поражались в сильной степени (70,5–92,0 %).

Сорта люпина узколистного белорусской селекции поражались антракнозом менее интенсивно. Среди изученных сортов лучшими по устойчивости выделялись сорта узколистного люпина Гусляр (27,9 %), Альянс (22,5 %) и Ярык (31,3 %). Сорта желтого люпина сильно восприимчивы к патогену, поражение составило 73,5–94,7 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корнейчук, Н. С. Грибные болезни люпинов / Н. С. Корнейчук. – Киев.: «Колобиг», 2010. – 376 с.
2. Кунгурцева, О. В. Методы мониторинга антракноза люпина / О. В. Кунгурцева // Методы мониторинга и прогноза развития вредных организмов. ВИЗР. – СПб, 2002. – С. 75–81.
3. Алкалоиды люпина узколистного как фактор, определяющий альтернативные пути использования и селекции культуры / М. А. Вишнякова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – №24(6). – С. 625–635.
4. Результаты и перспективы селекции желтого и узколистного люпина на устойчивость к антракнозу / А. Е. Рябичева [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – №4. – С. 72.
5. Уильямс, У. Генетические основы селекции растений. Пер. с англ. под ред. Б.С. Сидорова. – Москва, 1968. – 448 с.
6. Создание инфекционных фонов возбудителя антракноза узколистного люпина (*Colletotrichum lupini*): методические рекомендации / Ю. К. Шашко [и др.]. – Жодино, 2014. – 22 с.
7. Будевич, Г. В. Инфекционные фоны в селекции зерновых и зернобобовых культур на устойчивость к болезням / Г. В. Будевич, Ю. К. Шашко // Принципы и методы оптимизации селекционного процесса сельскохозяйственных растений: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2005. – С. 120–125.
8. Такунов, И. П. Люпин в земледелии России / И. П. Такунов. – Брянск: Придесенье, 1996. – 372 с.
9. Кунгурцева, О. В. Биозоологические особенности возбудителя антракноза люпина: автореф. дис.... канд. биол. наук: 06.01.11 / О. В. Кунгурцева // ВИЗР. – Пушкин, 2006. – 19 с.

## ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ И ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПОСЕВОВ ОТ СОРНЯКОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЛЮЦЕРНЫ ПОСЕВНОЙ

Н. Ф. НАДТОЧАЕВ, Д. Н. ВОЛОДЬКИН, Г. Н. КУРКИНА, А. Н. РОМАНОВИЧ

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,  
г. Жодино, Республика Беларусь, 222164, e-mail: corn2007@mail.ru

(Поступила в редакцию 15.03.2023)

В результате исследований, проведенных в 2021–2022 гг. на связносупесчаной почве в центральной части Беларуси, изучено влияние предшественников, способов и сроков основной и предпосевной обработки почвы, химической защиты посевов на засоренность и урожайность люцерны посевной. Показано, что внесение баковой смеси Родимич, 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га обеспечило высокую биологическую эффективность. Доля сорняков в урожае зеленой массы первого укоса без применения гербицидов в среднем по всем вариантам обработки почвы составила 39,6 % при размещении после ячменя и 33,4 % – после кукурузы, с их применением – 0,6 % и 1,3 % соответственно. На безгербицидном фоне по вспашке этот показатель равнялся 45,4 % после ячменя и 38,1 % после кукурузы, по дискованию – 33,6 % и 28,8 % соответственно. В первый год жизни самая высокая урожайность сухого вещества люцерны в сумме за 2 укоса получена при ее раннем посеве по осеннему дискованию после ячменя с применением гербицидов – 48,8 ц/га. Замена дискования на вспашку приводила к снижению урожайности до 39,3 ц/га. В то время как после кукурузы, убранной на зерно, по вспашке сбор СВ составил 36,7 ц/га, а дискованию – только 24,4 ц/га. При размещении люцерны после ячменя применение гербицидов более оправдано, чем при ее посеве после кукурузы. Во второй год жизни наиболее высокая урожайность получена в варианте с осенней вспашкой: после кукурузы она составила 97,6–103,2 ц/га СВ против 79,7–96,6 ц/га по дискованию, после ячменя – 94,6–99,7 ц/га и 92,1–98,6 ц/га соответственно. Дополнительная весенняя культивация обеспечивала большие показатели по обоим предшественникам только при поверхностной обработке. В среднем за 2 года жизни на фоне применения гербицидов наибольший сбор СВ показали варианты ранневесеннего посева после ячменя с осенним дискованием или вспашкой (72,8 и 69,5 ц/га) и ранневесеннего посева люцерны после кукурузы с осенней вспашкой (69,1 ц/га). Применение гербицидов на этих лучших вариантах при посеве люцерны после ячменя обеспечивает существенную прибавку урожая сухого вещества – 8,6 ц/га, тогда как после кукурузы она незначительна (3,3 ц/га) по отношению к фону без химической защиты.

**Ключевые слова:** люцерна, предшественник, обработка почвы, гербицид.

According to the results of studies conducted in 2021–2022 on cohesive sandy soil in the central part of Belarus, the influence of predecessors, methods and terms of the main and presowing tillage, chemical protection of crops on weed infestation and yield of alfalfa was studied. It is shown that the introduction of the tank mixture Rodimich, 0.75 l/ha + Bazagran, 1.5 l/ha ensured high biological efficiency. The share of weeds in the green mass yield of the first cut without the use of herbicides on average for all tillage options was 39.6 % when placed after barley and 33.4 % after corn, with their use – 0.6 % and 1.3%, respectively. On a herbicide-free background, after plowing this figure was 45.4 % after barley and 38.1 % after corn, after disking – 33.6 % and 28.8 %, respectively. In the first year of life, the highest dry matter yield of alfalfa in total for 2 cuttings was obtained with its early sowing after autumn disking after barley with the use of herbicides – 4.88 t/ha. Replacing disking with plowing led to a decrease in yield to 3.93 t/ha. While after corn harvested for grain, after plowing, the collection of dry matter amounted to 3.67 t/ha, and after disking – only 2.44 t/ha. When placing alfalfa after barley, the use of herbicides is more justified than when it is sown after corn. In the second year of life, the highest yield was obtained in the variant with autumn plowing: after corn it was 9.76–10.32 t/ha of dry matter against 7.97–9.66 t/ha after disking, after barley – 9.46–9.97 t/ha and 9.21–9.86 t/ha, respectively. Additional spring cultivation provided high performance for both predecessors only with surface treatment. On average, over 2 years of life against the background of the use of herbicides, the greatest collection of DM was shown by the variants of early spring sowing after barley with autumn disking or plowing (7.28 and 6.95 t/ha) and early spring sowing of alfalfa after corn with autumn plowing (6.91 t/ha). The use of herbicides on these best options when sowing alfalfa after barley provides a significant increase in dry matter yield – 0.86 t/ha, while after corn it is insignificant (0.33 t/ha) in relation to the background without chemical protection.

**Key words:** alfalfa, predecessor, tillage, herbicide.

### Введение

Продуктивность люцерны на протяжении всего периода выращивания во многом зависит от условий ее произрастания в первый год жизни. Наибольшее влияние на развитие культуры на первоначальном этапе оказывают засоренность посевов и обработка почвы [1]. На выщелоченном черноземе Западного Предкавказья отвальная вспашка на 30–32 см обеспечивала меньшую засоренность посевов люцерны первого года жизни по сравнению с безотвальной обработкой почвы, однако в среднем за 3 года жизни по сбору кормовых единиц разница оказалась незначительной (9,77 и 9,52 т/га соответственно) [2]. В борьбе с сорняками в посевах люцерны необходимо применять сочетание агротехнических, фитоценологических и биологических мер борьбы [3]. Исследованиями, проведенными в Федеральном Ростовском аграрном научном центре, установлено, что обработка почвы оказывает влияние на урожайность только в первый год использования травостоя, во второй год статистически достоверных различий в урожайности не выявлено. Так, в первый год жизни по безотвальной обработке почвы (плоскорезная на глубину 20–22 см + боронование и культивации) в сумме за 2 укоса получено 8,22 т/га

сена, по отвальной (вспашка + боронование и культивации) – 7,69 т/га, во второй год – 7,96 и 8,03 т/га соответственно [4]. Решающую роль в получении ранних и дружных всходов, в создании оптимальной густоты травостоя играет предпосевная обработка почвы [5]. Перед посевом участок должен быть без сорной растительности, хорошо выровненным с мелкокомковатой структурой, на глубине заделки семян иметь плотное ложе [6]. Исследование З. С. Щебарской и др. показывает, что при двукратном бороновании перед посевом урожайность зелёной массы люцерны возрастала на 9,6 % по сравнению однократным, на 13,5 % – при сочетании боронования с дискованием и на 26,9 % в варианте боронования с чизелеванием и последующим боронованием [7].

Наиболее благоприятные условия для роста и развития люцерны создаются в весенних беспокровных посевах, здесь легче получить дружные и полные всходы [8]. Вместе с тем в первый год жизни из-за высокой засоренности посева сорняками и низкой урожайности использовать люцерну практически невозможно [9]. В опытах, проведенных в Гродненском зональном институте растениеводства, применение до всходов гербицида Пивот с нормой расхода 0,9 л/га и дополнительное внесение по всходам гербицидов Базагран М (1,5 л/га) + Фюзилад (1,0 л/га) снижало количество сорных растений в посевах люцерны первого года жизни с 354 шт/м<sup>2</sup> до 44 шт/м<sup>2</sup> [10]. В зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края применение Базаграна в первый год жизни люцерны снижало ее засоренность на 61 % при исходной численности сорняков 120,8 шт/м<sup>2</sup> [11]. По этой причине эту культуру рекомендовано выращивать с использованием химических средств защиты растений от сорняков.

Засоренность посева люцерны в значительной мере связана с предшествующей культурой. Согласно отраслевому регламенту, предшественником для люцерны может быть любое не бобовое растение, а лучшими являются те, которые использовали прямое действие или последствие органических удобрений [6]. По мнению Е. Н. Пакиной, рекомендованные научными учреждениями и широко применяемые в производстве пропашные предшественники – кукуруза на зерно и подсолнечник на семена не являются лучшими для люцерны, а лучший предшественник люцерны – естественный фитоценоз, формируемый пожнивно после уборки озимой пшеницы и используемый на зеленое удобрение или на корм скоту [12].

Цель исследования – изучение влияния способов и сроков основной и предпосевной обработки почвы, предшественников и химической защиты посевов от сорной растительности на урожайность люцерны посевной.

### **Основная часть**

Полевой опыт проводился в 2021–2022 гг. на опытном участке Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на связных пылеватых супесях, подстилаемых моренным суглинком с глубины 0,4–0,9 м. Агрохимическая характеристика опытного участка следующая: рН – 5,87, гумус – 2,78 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 199 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 366 мг.

Под основную обработку и в последующий год осенью внесены минеральные удобрения в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия (P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>). Посев проводился 19 апреля и 12 мая сеялкой с дисковыми сошниками на глубину 0,5–1,0 см с последующим прикатыванием. Учетная площадь опытных делянок составляла 24 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная. В опыте высевался сорт люцерны посевной Плато с нормой высева семян 6 млн/га. Использовались гербициды Родимич, ВР, 0,75 л/га + Базагран, ВР, 1,5 л/га в фазу тройчатого листа люцерны. Учет урожая осуществляли с помощью кормоуборочного селекционного комбайна Nege 212.

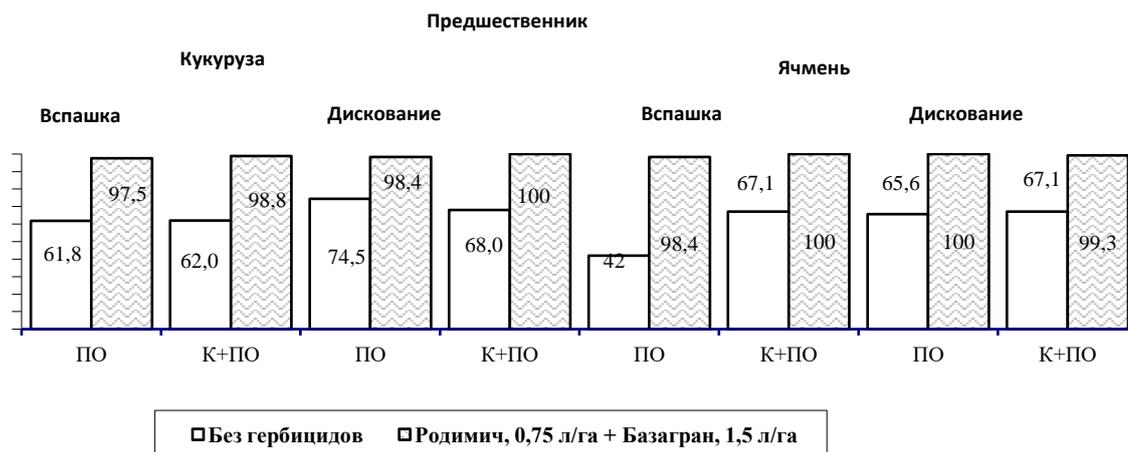
Исследования выполнялись согласно методическим рекомендациям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [13]. Статистическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [14].

В 2021 г. прохладная и влажная погода в апреле и мае оказалась на 0,8 и 1,2 °С соответственно ниже многолетнего значения. Осадков в апреле выпало 65 % от нормы, в мае – 210 %. Июнь оказался не только теплым, но и дождливым, благодаря чему в первом укосе сформирован хороший урожай зеленой массы. В то время как засушливая и жаркая погода июля, напротив, не позволила нарастить достаточно зеленой массы для последующего укоса этой культуры.

Подобно предыдущему году в апреле и мае 2022 г. зафиксирована холодная погода (в среднем на 2,1 °С ниже многолетнего значения). Осадков в апреле выпало 102 мм или 2,5 нормы, в мае – 94 мм или 1,5 нормы. Продолжительный недостаток тепла привел к задержке в развитии растений люцерны. По состоянию на 5 июня люцерна находилась в фазе стеблевания. Теплая погода в июне (+2,1 °С к норме) с умеренными осадками (86 % от нормы) способствовала хорошему наращиванию массы люцерны и во втором укосе. Погода в июле соответствовала многолетним значениям, а в августе оказалась

чрезвычайно жаркой с существенным дефицитом осадков (1/4 от нормы), что вызвало усыхание растений третьего укоса.

Исследования показали, что засоренность посева люцерны оказалась ниже при размещении ее после кукурузы, где масса сорняков составила 434 г/м<sup>2</sup> против 697 г/м<sup>2</sup> после ячменя. Осеннее дискование после уборки предшественника, в отличие от вспашки, также показало меньшую массу сорняков в посевах люцерны первого укоса (440 и 692 г/м<sup>2</sup> соответственно). Использование баковой смеси гербицидов (Родимич, 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га), внесенной через 3 недели после всходов люцерны, обеспечило высокую биологическую эффективность. В зависимости от предшественника доля сорняков в урожае первого укоса зеленой массы без применения гербицидов составила 39,6 % после ячменя и 33,4 % после кукурузы, с их применением – 0,6 % и 1,3 % соответственно (рис.). На безгербицидном фоне по вспашке этот показатель равнялся 45,4 % после ячменя и 38,1 % после кукурузы, по дискованию – 33,6 % и 28,8 % соответственно.



Условные обозначения: ПО – предпосевная обработка, включающая дискование, АКШ, прикатывание до и после посева, К – культивация.

Рис. Долевое участие люцерны первого года жизни в урожае зеленой массы первого укоса, %

По мере наступления фазы цветения у люцерны 9 июля проведен учет урожая при первом сроке сева, 15 июля – при втором. Его результаты показали, что на фоне без гербицидов урожайность зеленой массы составила 132 ц/га, с их применением – 96 ц/га. В то же время урожайность зеленой массы одной люцерны равнялась 83 и 95 ц/га соответственно. Второй укос, проведенный 7 сентября, показал низкий сбор зеленой массы, который не зависел от фона химической защиты от сорняков, составивший от 24 ц/га в варианте ранневесеннего сева по вспашке после кукурузы до 41 ц/га в варианте ранневесеннего сева по дискованию после ячменя. В сумме за 2 укоса на безгербицидном фоне урожайность зеленой массы составила 164 ц/га, с применением химических средств защиты – 127 ц/га, однако урожайность зеленой массы одной люцерны имела противоположные показатели: 112 и 124 ц/га соответственно (табл. 1). Лучшим вариантом основной обработки почвы после кукурузы в первый год жизни люцерны оказалась вспашка с ПО и химической защитой, где получено 138 ц/га, а после ячменя – дискование с тем же дополнением, но при большем сборе – 174 ц/га. При исключении гербицидов урожайность люцерны по кукурузному предшественнику снизилась на 27 ц/га, ячменному – на 43 ц/га.

Во второй год жизни по сбору зеленой массы люцерны все варианты опыта имели близкие значения в пределах ошибки опыта (495–548 ц/га), за исключением вариантов, где проводилось дискование после кукурузы. Эти же варианты оказались худшими и в среднем за 2 года жизни люцерны. К ним еще добавился вариант ранневесеннего посева после ячменя без применения гербицидов.

Применение гербицидов в первый год жизни люцерны обеспечивает существенную прибавку сухого вещества, сбор которого в среднем по всем вариантам опыта составил 33,5 ц/га, что на 10,2 % больше, чем без проведения химической защиты (табл. 2). Во второй год жизни этот прием не имел никакого значения: сбор сухого вещества здесь был равен 94,9 и 96,1 ц/га соответственно.

Наиболее высокий сбор сухого вещества люцерны первого года жизни был получен при ранневесеннем севе люцерны по дискованию после ячменя (48,8 ц/га). Все другие варианты опыта показали существенную разницу, а среди них лучший результат отмечен при ранневесеннем севе люцерны по вспашке после кукурузы с применением гербицидов – 36,7 ц/га.

На второй год жизни наиболее высокая урожайность получена в варианте с осенней вспашкой. При размещении люцерны после кукурузы она составила 97,6–103,2 ц/га сухого вещества против 79,7–96,6 ц/га по дискованию, после ячменя – 94,6–99,7 ц/га против 92,1–98,6 ц/га соответственно. Дополнительная весенняя культивация обеспечивала большие показатели по обоим предшественникам только при поверхностной обработке – дискованию.

Таблица 1. Урожайность зеленой массы люцерны в зависимости от предшественника, сроков сева, обработки почвы и химической защиты посевов от сорняков, ц/га

Предшественник	Основная обработка почвы	Предпосевная обработка почвы и номер варианта	Зеленая масса в 1-й год жизни		В т.ч. люцерна		Зеленая масса во 2-й год жизни		Среднее за 2 года	
			А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Кукуруза	Вспашка	ПО + посев	168	143	111	138	<b>531</b>	<b>540</b>	<b>321</b>	<b>339</b>
		Культивация + ПО ч/з 3 недели + посев	157	111	105	107	<b>548</b>	<b>522</b>	<b>327</b>	<b>315</b>
	Дискование	Культивация + ПО ч/з 3 недели + посев	145	97	114	93	<b>515</b>	489	<b>315</b>	291
		ПО + посев	127	92	92	90	463	435	278	263
Ячмень	Вспашка	ПО + посев	<b>189</b>	149	93	145	<b>516</b>	<b>532</b>	305	<b>339</b>
		Культивация + ПО ч/з 3 недели + посев	<b>186</b>	116	133	112	<b>532</b>	<b>509</b>	<b>333</b>	<b>311</b>
	Дискование	Культивация + ПО ч/з 3 недели + посев	163	134	116	130	<b>508</b>	<b>530</b>	<b>312</b>	<b>330</b>
		ПО + посев	<b>181</b>	179	131	<b>174</b>	<b>495</b>	<b>522</b>	<b>313</b>	<b>348</b>
НСР <sub>05</sub>	АВ / А (вариант) / В (фон – гербицид)		16 / 9 / 8		13 / 7 / 6		53 / 28 / 23		39 / 20 / 17	

Примечание: ПО – предпосевная обработка, включающая дискование, АКШ, прикатывание до и после посева. А – без гербицидов, Б – Родимич, 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га. То же в табл. 2.

Таблица 2. Урожайность сухого вещества люцерны в зависимости от предшественника, сроков сева, обработки почвы и химической защиты посевов от сорняков, ц/га

Предшественник	Основная обработка почвы	Предпосевная обработка почвы и номер варианта	1-й год жизни		2-й год жизни		Среднее за 2 года	
			А	Б	А	Б	А	Б
Кукуруза	Вспашка	1. ПО + посев	31,9	36,7	<b>99,7</b>	<b>101,4</b>	<b>65,8</b>	<b>69,1</b>
		2. Культивация + ПО ч/з 2-3 недели + посев	27,1	28,2	<b>103,2</b>	<b>97,6</b>	65,2	62,9
	Дискование	3. Культивация + ПО ч/з 2-3 недели + посев	29,3	24,8	<b>96,6</b>	90,6	63,0	57,7
		4. ПО + посев	26,6	24,4	86,0	79,7	56,3	52,1
Ячмень	Вспашка	5. ПО + посев	25,4	39,3	<b>96,8</b>	<b>99,6</b>	61,1	<b>69,5</b>
		6. Культивация + ПО ч/з 2-3 недели + посев	35,5	31	<b>99,7</b>	<b>94,6</b>	<b>67,6</b>	62,8
	Дискование	7. Культивация + ПО ч/з 2-3 недели + посев	31,2	35,1	<b>94,4</b>	<b>98,6</b>	62,8	<b>66,9</b>
		8. ПО + посев	36,2	<b>48,8</b>	92,1	<b>96,8</b>	64,2	<b>72,8</b>
НСР <sub>05</sub>	АВ / А / Б		3,7 / 2,0 / 1,8		9,8 / 5,2 / 4,3		7,4 / 4,0 / 3,3	

В среднем за 2 года жизни самый высокий сбор сухого вещества люцерны получен на фоне применения гербицидов в варианте ранневесеннего посева после ячменя с осенним дискованием – 72,8 ц/га. Несущественно уступил и вариант с осенней вспашкой (69,5 ц/га), а также вариант ранневесеннего посева люцерны после кукурузы и только с осенней вспашкой (69,1 ц/га), в то время как по дискованию здесь получена самая низкая урожайность (52,1 ц/га). На безгербицидном фоне высокий сбор сухого вещества (65,8–67,6 ц/га), не уступающий лучшим вариантам, получен при ранневесеннем севе после кукурузы по вспашке и при размещении люцерны после ячменя по вспашке, но с дополнительной культивацией и более поздним сроков сева. Следовательно, при исключении гербицидов и размещении люцерны после ячменя недобор урожая сухого вещества составляет 8,6 ц/га, тогда как после кукурузы он равен 3,3 ц/га по отношению к лучшим вариантам с химической защитой.

### Заключение

1. Осеннее дискование после ячменя с предпосевной подготовкой почвы, включающей дискование, обработку АКШ, до- и послепосевное прикатывание на фоне внесения гербицидов Родимич, 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га в фазу тройчатого листа на связносупесчаной почве обеспечивает наибольший сбор сухого вещества люцерны, составивший в среднем за 2 года жизни 72,8 ц/га. Несущественную разницу показывает вариант с осенней вспашкой (69,5 ц/га), а также вариант ранневесеннего посева люцерны после кукурузы с осенней вспашкой (69,1 ц/га).

2. На безгербицидном фоне высокий сбор сухого вещества (65,8–67,6 ц/га), не уступающий лучшим вариантам, получен при ранневесеннем севе после кукурузы по вспашке и при размещении люцерны после ячменя по вспашке, но с дополнительной культивацией и более позднем сроке сева.

3. При исключении гербицидов и размещении люцерны после ячменя недобор урожая сухого вещества составляет 8,6 ц/га, тогда как после кукурузы он незначительный и равен 3,3 ц/га по отношению к лучшим вариантам с химической защитой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Карасевич, В. В. Разработка агротехнических и химических приемов борьбы с сорняками в посевах люцерны посевной и донника белого в условиях центральной Лесостепи Украины: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / В. В. Карасевич. – Киев, 1990. – 25 с.

2. Кравцова, Н. А. Особенности формирования продуктивности люцерны в зависимости от приемов выращивания на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Н. А. Кравцова. – Краснодар, 2004. – 24 с.

3. Глубокова, Н. С. Агробиологические особенности борьбы с сорными растениями в посевах семенной люцерны при орошении: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Н. С. Глубокова. – Саратов, 2006. – 23 с.

4. Продуктивность люцерны в зависимости от способа обработки почвы и удобрения покровной культуры / А. В. Федюшкин, А. В. Парамонов, С. В. Пасько, В. И. Медведева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – №3. – С. 104–107.

5. Агротехника возделывания сортов люцерны селекции ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса на семенные и кормовые цели (рекомендации). – М.: ФГУ РЦСК, 2008. – 39 с.

6. Возделывание люцерны. Типовые технологические процессы / Е. И. Чекель, М. М. Коротков, А. А. Боровик [и др.] // Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных, кормовых и технических растений: сб. отраслевых регламентов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – С. 258–271.

7. Щебарскова, З. С. Влияние предпосевной обработки почвы на урожайность зеленой массы люцерны сорта Астраханочка / З. С. Щебарскова, Е. Г. Кипаева, Д. С. Кадралиев [и др.] // Земледелие. – 2019. – № 2. – С. 31–32.

8. Тентиева, Б. Технология выращивания люцерны и меры борьбы против вредителей семян / Б. Тентиева, Г. Баялиева, В. Султаналиева // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. – 2017. – № 2 (43). – С. 180–184.

9. Лазарев, Н. Н. Урожайность люцерны изменчивой (*Medicago Varia martin*) в одновидовых посевах и травосмесях с бобовыми и злаковыми травами / Н. Н. Лазарев, А. М. Стародубцева, Д. В. Пятинский // Кормопроизводство. – 2013. – №11. – С. 10–12.

10. Гавриков, С. В. Эффективность применения гербицидов при выращивании семян люцерны в условиях западного региона / С. В. Гавриков, В. М. Макаро, Л. С. Рутковская // Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: доклады Международной научно-практической конференции, Минск, 12–13 июня 2008 г.: в 2 ч. – Ч. 1. – Минск: БГАТУ, 2008. – С. 312–315.

11. Плетинь, Б. А. Рост, развитие и продуктивность люцерны в зависимости от удобрений и средств защиты растений на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья: автореферат дис. ... докт. с.-х. наук: 06.01.09 / Б. А. Плетинь. – Краснодар, 2006. – 29 с.

12. Пакина, Е. Н. Накопление фосфора в фитомассе предшественников и урожайность люцерны в условиях Западного Прикаспия / Е. Н. Пакина // Плодородие. – 2020. – №5 – С. 21–24.

13. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: Россельхозакадемия, 1997. – 155 с.

14. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 351 с.

## ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ РАПСА ЯРОВОГО В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

**В. В. ОСИПОВА**

Октемский филиал ФГБОУ ВО Арктический ГАТУ,  
с. Октемы, Республика Саха (Якутия), 678011

(Поступила в редакцию 17.03.2023)

В условиях криолитозоны на мерзлотных пойменных почвах Якутии проводились исследования по изучению новых сортов рапса ярового и смеси рапс+овес для выявления перспективных высокоурожайных, морозо- и засухоустойчивых вариантов, адаптированных к условиям Севера. Изучались следующие варианты: сорта рапса ярового СИБНИИК 21, СИБНИИК 198 и смесь рапса ярового СИБНИИК 21 с овсом сорта Ровесник. Исследования позволили установить, что воздушная и почвенная засуха жаркого лета Якутии оказывает сильное угнетающее воздействие на рост и развитие изучаемых сортов рапса ярового СИБНИИК 21 и СИБНИИК 198, а также овса Ровесник, посеянного в смеси с рапсом. Начало созревания стручков у стандартного сорта СИБНИИК 21 наступает на 96 день, сорт рапса опережает в развитии на 2–3 дня. Структурный анализ растений показал, что травостой сорта СИБНИИК 198 превышает стандарт на 22 см, он более облиственен (на 6,0 %), число стручков в соцветии больше на 1,5 шт, число семян в стручке – на 2,1 шт. Ветвистость растений сортов рапса варьирует от 7,8 до 8,2 шт/раст, число продуктивных стеблей колеблется от 3,1 до 3,4 шт. В смеси рапс яровой +овес высота растений овса Ровесник достигала в среднем 100 см, облиственность составила 30,0 %, количество продуктивных стеблей – 1,2 на одно растение, длина метелки 4,2 см, число колосков в метелке 9,3 шт. Показатели структурного анализа растений рапса СИБНИИК 21 в смеси с овсом немного отличались от растений, высеванных в чистом посеве. В годы исследований поражения болезнями и повреждения вредителями сортов рапса ярового и овса не отмечено. По выходу кормовой массы сорт рапса ярового СИБНИИК 198 существенно превосходит сорт СИБНИИК 21 (на 3,4 т), абсолютно сухого вещества – на 2,11 т. На варианте со смесью рапс+овес отмечается наивысший урожай зеленой массы 17,8 т/га, что на 5,4 т выше, чем на стандарте СИБНИИК 21 и на 2,0 т – чем на сорте СИБНИИК 198. Таким образом, в условиях мерзлотных пойменных почв криолитозоны целесообразно высевать рапс яровой на корм в смеси с овсом или в чистом виде сорт СИБНИИК 198.

**Ключевые слова:** рапс яровой, овес, сорт, смесь, мерзлотные почвы, урожайность, кормовая масса.

*Under the conditions of cryolithosis on the permafrost floodplain soils of Yakutia, studies were carried out to study new varieties of spring rapeseed and a mixture of rapeseed + oats to identify promising high-yielding, frost- and drought-resistant options adapted to the conditions of the North. The following variants were studied: varieties of spring rape SIBNIK 21, SIBNIK 198 and a mixture of spring rape SIBNIK 21 with oats of the variety Rovesnik. The studies made it possible to establish that the air and soil drought of the hot summer of Yakutia has a strong depressing effect on the growth and development of the studied varieties of spring rape SIBNIK 21 and SIBNIK 198, as well as oats Rovesnik, sown in a mixture with rapeseed. The beginning of pod ripening in the standard variety SIBNIK 21 occurs on the 96th day, the rapeseed variety is ahead in development by 2–3 days. Structural analysis of plants showed that the herbage of the SIBNIK 198 variety exceeds the standard by 22 cm, it has more leaves (by 6.0 %), the number of pods in the inflorescence is 1.5 more, the number of seeds in the pod is 2.1 more. The branching of rapeseed varieties varies from 7.8 to 8.2 pcs/plant, the number of productive stems ranges from 3.1 to 3.4 pcs. In a mixture of spring rapeseed + oats, the height of Rovesnik oat plants reached an average of 100 cm, leafiness was 30.0 %, the number of productive stems was 1.2 per plant, the length of the panicle was 4.2 cm, the number of spikelets in the panicle was 9.3 pcs. Structural analysis parameters of SIBNIK 21 rapeseed plants mixed with oats slightly differed from plants sown in monocrop sowing. During the years of research, disease damage and damage by pests of spring rapeseed and oat varieties was not noted. In terms of fodder mass yield, the spring rapeseed variety SIBNIK 198 significantly exceeds the SIBNIK 21 variety (by 3.4 tons), absolutely dry matter – by 2.11 tons. In the variant with a mixture of rapeseed + oats, the highest green mass yield of 17.8 t/ha is noted, which is 5.4 t higher than on the SIBNIK 21 standard and 2.0 t higher than on the SIBNIK 198 variety. Thus, under the conditions of permafrost floodplain soils of the permafrost zone, it is advisable to sow spring rapeseed for fodder mixed with oats or, as monocrop, the SIBNIK 198 variety.*

**Key words:** spring rapeseed, oats, variety, mixture, permafrost soils, productivity, fodder mass.

### Введение

Рапс яровой является коммерчески перспективной масличной культурой, способной обеспечить население региона растительным маслом. Кроме того, рапс является сырьем для технической промышленности, источником корма для животных [5].

В условиях криолитозоны возделывание ярового рапса имеет кормовое направление. Ценной биологической особенностью ярового рапса является аминокислотный состав белка, повышенная урожайность зеленой массы, хорошая переваримость и его способность интенсивно отрастать после скашивания или стравливания. Рапс содержит незаменимых аминокислот больше, чем горох: в 1 кг рапса содержится около 0,16 кормовых единиц и 30 г протеина, что вдвое больше, чем в белке подсолнечника и кукурузы. Высокопитательная зеленая масса рапса широко применяется для получения зеленого корма, силоса, сенажа и как пожнивная, поукосная культура [3, 4, 7].

В условиях Центральной Якутии на 1 кормовую единицу приходится 70–80 г. перевариваемого белка при зоотехнической норме 105–110 г. что приводит к перерасходу кормов, удорожанию производимой продукции и снижению воспроизводству животных [1, 2].

По результатам исследований И. А. Федорова в Якутии сорт Восточно-Сибирский ярового рапса при раннем сроке сева (29 мая) наращивал за лето в сумме двух укосов 515,6 центнеров с гектара, урожай отавы составлял 63,3 % от суммарного урожая. При благоприятных условиях вегетационного сезона в условиях криолитозоны рапс может давать два укоса [6]. Данными опытов Ивановой Л. С. в Сунтарском районе Якутии было установлено, что максимальную урожайность зеленой массы ярового рапса (248,3 ц/га) можно получить при внесении минерального удобрения в дозе  $N_{135}P_{120}K_{120}$  [1].

Существует мнение, что в ближайшее время рапс может составить конкуренцию традиционной для России масличной культуре – подсолнечнику, так как он способен давать стабильные урожаи в более суровых климатических условиях, улучшать структуру почвы и ее фитосанитарное состояние [4, 5].

Несмотря на достижения ученых по разработке агроприемов возделывания в условиях криолитозоны в настоящее время не удастся получать высокие урожаи кормовой массы и семян рапса ярового. Необходимы сорта, имеющие высокую адаптивность к неблагоприятным факторам внешней среды – поздневесенним и раннеосенним заморозкам, недостатку влаги, устойчивы к вредителям и болезням, способные за короткий вегетационный период формировать высокие урожаи кормовой массы и семян.

Была поставлена цель: установить сорта рапса ярового, устойчивые к неблагоприятным условиям криолитозоны, формирующие высокие урожаи кормовой массы и семян на мерзлотных пойменных почвах Хангаласского района Якутии. Для выполнения следовало решить следующие задачи: 1) изучить особенности роста и развития изучаемых сортов рапса в чистом виде и в смеси с овсом; 2) провести структурный анализ изучаемых сортов рапса и овса; 3) определить выход кормовой массы рапса и рапсо-овсяной смеси и семенную продуктивность сортов рапса.

### Основная часть

В учебном хозяйстве Октемского филиала АГАТУ нами были проведены опыты по изучению новых сортов рапса ярового в условиях мерзлотных пойменных почв. Предшественник – чистый пар.

Опыт был поставлен в трех вариантах: сорта рапса ярового СИБНИИК 21, СИБНИИК 198 и смесь рапса СИБНИИК 21 с овсом Ровесник. Площадь делянки 10 м<sup>2</sup>, варианты размещали в четырех повторениях. За контроль принят сорт СИБНИИК 21. Посев проводился в конце мая 2021 и 2022 гг. (24 и 26 мая соответственно) в сухую погоду во влажную почву. Учеты и наблюдения проводили по общепринятым методикам. Вегетационный период изучаемых культур в годы проведения исследований проходил в условиях засухи и жаркой погоды, что сопровождалось недостатком влаги в почве и в воздухе, высокими температурами воздуха в июне и июле 2021–2022 гг. Полные всходы растений рапса отмечены на 11–13 день после посева, фаза цветения наступала на 30–31 день после полных всходов (табл. 1).

Таблица 1. Результаты фенологических наблюдений в опытах рапса ярового и смеси рапс-овес, в среднем за 2021–2022 гг.

п/н	Сорт	Всходы		Образование розетки листьев (кущение)	Бутонизация (выметывание)	Цветение		Начало образования стручков (начало молочной спелости)	Начало созревания стручков	Период от полных всходов до начала созревания стручков
		начало	полные			начало	полное			
1	СИБНИИК 21- st	02.06	07.06	15.06	29.06	03.07	07.07	11.07	11.09	96
2	СИБНИИК 198	30.05	05.06	13.06	29.06	03.07	06.07	09.07	06.09	93
3	Рапс + овес (смесь)									
	Рапс СИБНИИК 21	02.06	06.06	14.06	29.06	02.07	07.07	11.07	11.09	–
	Овес Ровесник	05.06	09.06	18.06	06.07	12.07	17.07	22.07	–	–

Начало созревания стручков рапса устанавливается в условиях криолитозоны поздно, в начале сентября, период от полных всходов до начала созревания стручков составляет у сорта СИБНИИК 21–96 дней, сорт СИБНИИК 198 опережает стандартный сорт на 3 дня. Необходимо отметить, что сорт рапса СИБНИИК 198 опережает в своем развитии сорт СИБНИИК 21 на 2–3 дня во все периоды вегетационного периода. Полного созревания стручков сорта рапса не достигают, растения остаются осенью в фазе начала хозяйственной спелости семян. Уборка сортов рапса на зеленую массу была проводилась в период формирования стручков рапса ярового и молочной спелости овса.

Проведение структурного анализа сортов рапса (табл. 2) и смеси рапс-овес позволило установить, что сорт рапса СИБНИИК 198 превышает Сибниик 21 по высоте травостоя на 22 см, облиственности растений – на 6,0 %, длине соцветий – на 0,4 см, числу стручков в соцветии – на 1,5 шт., числу семян в стручке – на 2,1 шт. На одном растении сортов рапса формируется ветвей от 7,8 до 8,2 шт., продуктивных стеблей – от 3,1 до 3,4 шт. Показатели структурного анализа растений рапса СИБНИИК 21 в смеси с овсом мало отличались от растений в чистом посеве. Высота растений овса Ровесник составляла 100 см, облиственность низкая – 30,0 %, продуктивных стеблей – 1,2 на одно растение, длина метелки 4,2 см, число колосков в метелке 9,3 шт. (табл. 2). В целом, по причине недостатка влаги и высоких температур воздуха в летние месяцы, растения сортов рапса и овса отставали в росте, были угнетены и низкорослы.

Таблица 2. Показатели структурного анализа сортов рапса ярового и овса, в среднем за 2021–2022 гг.

п/п	Сорт	Элемент структуры урожая						
		Высота растения см	Облиственность, %	Число ветвей (стеблей), шт.	Число продуктивных ветвей, шт.	Длина соцветия (метелки), см	Число стручков (колосков) в соцветии, шт.	Число семян в одном стручке (метелке), шт.
1	СИБНИИК 21- st	43	24,5	8,2	3,4	3,6	20,0	10,5
2	СИБНИИК 198	65	30,5	7,8	3,1	4,0	21,5	12,6
3	Рапс + овес (смесь)							
	Рапс СИБНИИК 21	42	25,0	7,2	3,5	3,6	16,2	9,2
	Овес Ровесник	100	30,0	2,1	1,2	4,2	9,3	–

Как видно из табл. 3, урожайность зеленой массы сортов ярового рапса варьировала от 12,4 до 15,8 т/га, абсолютно сухого вещества от 3,56 до 5,67 т/га. Сорт рапса СИБНИИК 198 существенно превосходит сорт СИБНИИК 21 по выходу зеленой массы (на 3,4 т) и абсолютно сухого вещества (на 2,11 т). На варианте со смесью рапса и овса отмечен наивысший урожай зеленой массы 17,8 т/га, что на 5,4 т выше, чем на стандарте СИБНИИК 21 и на 2,0 т – чем на сорте СИБНИИК 198.

Таблица 3. Продуктивность сортов рапса ярового и смеси рапс-овес, в среднем за 2021–2022 г.

п/п	Сорта	Урожайность зеленой массы, т/га	Отклонение от стандарта, т	Урожайность абс. сухого вещества т/га	Отклонение от стандарта ц/га
1	СИБНИИК 21 - st	12,4	0	3,56	0
2	СИБНИИК 198	15,8	3,4	5,67	2,11
3	Рапс+овес	17,8	5,4	6,21	2,65
	НСР <sub>05</sub>	1,42	–	0,54	–

Поражения болезнями и повреждения вредителями в период вегетации сортов рапса ярового и овса не обнаружено.

Таким образом, опытами по изучению сортов рапса ярового и смеси рапс + овес установлена низкая устойчивость сортов рапса и овса к недостатку влаги, продолжительным высоким температурам воздуха в условиях криолитозоны, на что указывает низкий травостой посевов, малооблиственность растений, что приводит к получению невысоких урожаев кормовой массы.

#### Заключение

В результате исследований по изучению сортов рапса ярового в условиях мерзлотных пойменных почв Якутии установлено, что полного созревания стручков у растений рапса не наступает. Период от полных всходов до начала созревания стручков у стандартного сорта СИБНИИК 21 составляет 96 дней, сорт СИБНИИК 198 опережает его на 3 дня. Кроме того, этот сорт опережает в своем развитии сорт СИБНИИК 21 на 2–3 дня во все периоды развития, превышает по высоте растений на 22 см, облиственности растений – на 6,0 %, длине соцветий – на 0,4 см, числу стручков в соцветии – на 1,5 шт., числу семян в стручке – на 2,1 шт. Количество ветвей на одном растении сортов рапса колеблется от 7,8 до 8,2 шт, число продуктивных стеблей – от 3,1 до 3,4 шт. В смеси рапс яровой + овес высота растений овса Ровесник достигала в среднем 100 см, облиственность составила 30,0 %, количество продуктивных стеблей – 1,2 на одно растение, длина метелки 4,2 см, число колосков в метелке 9,3 шт. Показатели структурного анализа растений рапса СИБНИИК 21 в смеси с овсом мало отличались от растений, высеянных в чистом посеве. Поражения болезнями и повреждения вредителями в период вегетации сортов рапса ярового и овса не обнаружено. По урожайности зеленой массы сорт рапса ярового СИБНИИК 198 существенно превосходит сорт СИБНИИК 21 (на 3,4 т) и абсолютно сухого вещества (на 2,11 т). На варианте со смесью рапса с овсом отмечен наивысший урожай зеленой массы 17,8 т/га, что на 5,4 т выше, чем на стандарте СИБНИИК 21 и на 2,0 т – чем на сорте СИБНИИК 198. Следовательно, в условиях мерзлотных пойменных почв криолитозоны для получения высоких урожаев кормовой массы целесообразно высевать рапс яровой на корм в смеси с овсом или в чистом виде сорт СИБНИИК 198.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Иванова, Л. С. Полевое кормопроизводство в системе адаптивно-агротраншафтного земледелия / Л. С. Иванова // Кормопроизводство – 2003. – № 3. – С. 41–45.
- Иванова, Л. С. Эффективность возделывания ярового рапса в одновидовых и смешанных посевах в условиях Центральной Якутии / Л. С. Иванова, А. В. Яковлева // Кормопроизводство. – 2008. – № 1. – С. 16–18.
- Корнилов, Д. П. Технология возделывания рапса в Якутии / Корнилов Д. П., Федоров И. А. – Якутск, 1985. – 24 с.
- Рензьева, Т. В. Потребительские свойства продуктов переработки крестоцветных масличных культур Сибирского региона / Т. В. Рензьева. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2009. – 200 с.
- Саскевич, П. А. Сравнительная эффективность различных схем защиты ярового рапса от сорных растений, возделываемого на семена в условиях Северо-Восточной части Беларуси / П. А. Саскевич // Вестник БГСХА. – 2015. – № 4. – С. 18–21.
- Федоров, И. А. Биологические особенности рапса в Якутии / И. А. Федотов // Ботаника, физиология и биохимия растений, кормопроизводство (доклад 11 Всесоюз. симпозиума «Биологические проблемы Севера»). – Якутск, 1986, Вып. 2. – С. 161–162.
- Яковлева, А. В. Приемы возделывания ярового рапса в одновидовом и смешанных посевах в условиях Центральной Якутии: долина реки Амга: автореф. дис. канд. с.-х. наук / А. В. Яковлева. – Новосибирск, 2009. – 20 с.

## ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА СОРНУЮ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ В ПОСЕВАХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

Л. Я. КОНОЦУК

Октемский филиал ФГБОУ ВО Арктический ГАТУ,  
с. Октемцы, Республика Саха (Якутия), 678011

(Поступила в редакцию 17.03.2023)

На мерзлотных таежных палевых почвах Центральной Якутии проводились исследования по изучению влияния химической обработки в посевах ячменя ярового на развитие сорной растительности. В целях определения эффективности гербицидов, изучали действие следующих препаратов и их смесей: 1) контроль (без обработки); 2) Прима, СЭ (0,6 л/га); 3) Прима, СЭ (0,6/га) + Пума Супер; ЭМВ (1 кг/га); 4) Прима, СЭ (0,6/га) + Пума Супер 7,5, ЭМВ (1 кг/га) + Новосил ВЭ (100 мл /га); 5) Диален-супер, ВР (0,7 л/га); 6) Диален-супер ВР (0,7 л/га) + Пума Супер 7,5, ЭМВ (1 кг/га); 7) Диален-супер ВР (0,7 кг/га) + Пума Супер 7,5, ЭМВ (1 кг/га) + Новосил ВЭ (100 мл /га); 8) Магнум, ВДГ (0,01 кг/га); 9) Магнум, ВДГ (0,01 кг/га) + Пума Супер 7,5, ЭМВ (1 кг/га); 10) Магнум, ВДГ (0,01 кг/га) + Пума Супер 7,5, ЭМВ (1 кг/га) + Новосил ВЭ (100 мл/га); 11) Пума Супер 7,5, ЭМВ (1 кг/га); 12) Пума Супер 7,5, ЭМВ (1 кг/га) + Новосил, ВЭ (100 мл/га). Результаты опытов позволили выявить основных засорителей посевов ячменя ярового – марь белая (*Chenopodium album* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), сурепка прижатая (*Barbarea stricta* Andrzej.), овсюг обыкновенный (*Avena fatua* L.), острिका простертая (*Asperugo procumbens* L.). Высокое подавление двудольных сорняков (на 97–100 %) обеспечивает опрыскивание препаратами Прима, Диаленом Супер и баковыми смесями. Все испытываемые препараты и их баковые смеси не оказывают отрицательного влияния на рост биомассы ячменя. Более того, биомасса растений ячменя существенно повышается, вероятнее всего, за счет снижения отрицательной роли сорняков в агроценозе. Урожайность зерна ячменя существенно повышается при обработке гербицидами Прима и его баковыми смесями, Диален Супер в баковой смеси с Новосилом, Магнум в баковой смеси Пума Супер – 2,9–3,0 т/га (НСР<sub>0,5</sub> – 0,5 т/га).

**Ключевые слова:** гербициды, ячмень, мерзлотные почвы, биомасса, урожайность зерна.

On permafrost taiga pale soils of Central Yakutia, studies were carried out to study the effect of chemical treatment in spring barley crops on the development of weeds. In order to determine the effectiveness of herbicides, the effect of the following preparations and their mixtures was studied: – 1) control (without treatment); 2) Prima, suspension emulsion (0.6 l/ha); 3) Prima, SE (0.6/ha) + Puma Super; oil-water emulsion (1 kg/ha); 4) Prima, SE (0.6/ha) + Puma Super 7.5, OWE (1 kg/ha) + Novosil, water emulsion (100 ml/ha); 5) Dialen-super, water solution (0.7 l/ha); 6) Dialen-super WS (0.7 l/ha) + Puma Super 7.5, OWE (1 kg/ha); 7) Dialen-super WS (0.7 kg/ha) + Puma Super 7.5, OWE (1 kg/ha) + Novosil WE (100 ml/ha); 8) Magnum, water-dispersed granules (0.01 kg/ha); 9) Magnum, WDG (0.01 kg/ha) + Puma Super 7.5, OWE (1 kg/ha); 10) Magnum, WDG (0.01 kg/ha) + Puma Super 7.5, OWE (1 kg/ha) + Novosil WE (100 ml/ha); 11) Puma Super 7.5, OWE (1 kg/ha); 12) Puma Super 7.5, OWE (1 kg/ha) + Novosil, WE (100 ml/ha). The results of the experiments made it possible to identify the main weeds of spring barley crops – white gauze (*Chenopodium album* L.), creeping couch grass (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), pressed colza (*Barbarea stricta* Andrzej.), common wild oat (*Avena fatua* L.), German madwort (*Asperugo procumbens* L.). High suppression of dicotyledonous weeds (by 97–100 %) is provided by spraying with Prima, Dialen Super and tank mixtures. All tested preparations and their tank mixtures do not adversely affect the growth of barley biomass. Moreover, the biomass of barley plants significantly increases, most likely due to a decrease in the negative role of weeds in agrocenosis. The yield of barley grain significantly increases when barley is treated with herbicides Prima and its tank mixes, Dialen Super in the tank mix with Novosil, Magnum in the Puma Super tank mix – 2.9-3.0 t/ha (LSD<sub>0.5</sub> – 0.5 t/ha).

**Key words:** herbicides, barley, permafrost soils, biomass, grain yield.

### Введение

В Республике Саха (Якутия), по данным Госкомстат [7], зерновые занимают 10,7 тыс. га, что составляет свыше 30 % всей территории, отведенной под сельскохозяйственные культуры. Из них по объему валового сбора зерна первое место занимает ячмень, так как по сравнению с пшеницей и овсом он наиболее приспособлен к разнообразным почвенно-климатическим условиям [4]. По литературным данным, урожайность ячменя в регионе может достигать 4,9 т/га [4], однако в среднем по республике этот показатель в 2–3 раза ниже. Одним из основных причин низкой урожайности является сорная растительность. Недобор зерна по причине засоренности полей может варьировать от 15 до 50 % потенциального урожая [1]. Отчасти снизить их негативное влияние и, следовательно, получить запланированные урожаи соответствующего качества можно, используя гербициды [2, 3, 5].

Для выполнения данной цели были поставлены следующие задачи: определить видовой состав сорных растений в агрофитоценозе ячменя; выявить действие гербицидов на сорную растительность; определить урожайность ячменя при использовании гербицидов.

Анализ статистических данных с 2019 по 2020 гг. показывает, что посевные площади, отведенные для выращивания зерновых культур, за данный период уменьшились в 1,5 раза, что сказалось на валовом сборе. При этом урожайность зерновых за все годы не превышала 1,17 т/га, что является очень

низким показателем. Причинами этого являются как неблагоприятные природно-климатические условия региона, так и недостаточное внимание производителей растениеводческой продукции к системам защиты растений от вредных организмов. По разным причинам защитные мероприятия зачастую не осуществляются. Не имеет места и внедрение современных достижений науки и передового опыта из-за слабого финансового состояния хозяйств [6].

Исходя из вышеизложенного, основной целью исследований явилась определение эффективности химической борьбы с сорняками на посевах ячменя ярового в условиях мерзлотных почв Якутии.

### Основная часть

Для определения эффективности гербицидов и их баковых смесей был заложен полевой опыт в 2019–2020 гг. В опыте контроль и варианты были размещены рендомизированно, общее количество вариантов – 12. Повторность 4-кратная, учетная площадь делянки – 25 м<sup>2</sup>. Посев осуществляли с помощью сеялки СЗ-3,6, норма высева семян 4 млн шт/га всхожих семян.

Обработку гербицидами проводили в фазе кушения культуры. Расход рабочей жидкости – 300 л/га. Учеты и наблюдения в опыте проводились по общепринятым методикам. Уборку ячменя проводили в фазе полной спелости зерна. Почва опытного участка мерзлотная таежно-палевая. Содержание гумуса на глубине до 20 см составило 5,4...6,3 %. Концентрация подвижного фосфора варьировала от 116 до 149 мг/кг, калия – от 198 до 296 мг/кг, рН<sub>н.в.</sub> 8,1...8,4 [6]. За период исследований основными сорными растениями на посевах ячменя ярового были: марь белая (*Chenopodium album* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), сурепка прижатая (*Barbarea stricta* Andrz.), овсюг обыкновенный (*Avena fatua* L.), остица простертая (*Asperugo procumbens* L.). Встречались также гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Love), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), полынь якутская (*Artemisia jacutica* Drob.), но их численность была незначительной (табл. 1, 2).

Анализ видового состава сорных растений в 2019 году показал, что в посевах ячменя ярового из однодольных сорняков вредили пырей ползучий, овсюг обыкновенный, из двудольных сорняков сурепка прижатая, остица простертая, гречишка вьюнковая и ярутка полевая. В контроле численность пырея ползучего составляла 2 шт/га, овсюга обыкновенного 8 шт/м<sup>2</sup>, гречишки вьюнковой – 6 шт/м<sup>2</sup>, ярутки полевой – 2 шт/м<sup>2</sup>. При обработке Примой, Диаленом-супер и Магнумом и их баковыми смесями наблюдалась подавление численности двудольных сорняков на 97...100 % соответственно по отношению к контролю.

Таблица 1. Влияние гербицидов на численность (шт/м) сорняков, 2019 г.

№ п/п	Вариант	Численность сорняков, шт/м <sup>2</sup>					
		Пырей ползучий	Овсюг	Сурепка сжатая	Остица простертая	Гречишка вьюнковая	Ярутка полевая
1	Контроль	2	8	10	12	6	2
2	Прима	0	0	0	0	0	0
3	Прима + Пума Супер	0	0	0	0	0	0
4	Прима + Пума Супер + Новосил	0	0	2	0	0	0
5	Диален-супер	10	0	0	0	0	0
6	Диален-супер + Пума Супер	2	0	0	0	2	0
7	Диален-супер + Пума Супер + Новосил	2	0	2	0	0	0
8	Магнум	2	0	2	0	4	0
9	Магнум + Пума Супер	4	0	4	4	0	0
10	Магнум + Пума Супер + Новосил	4	0	4	4	0	0
11	Пума Супер	0	0	8	0	0	0
12	Пума Супер + Новосил	0	0	0	0	2	0
	НСР <sub>05</sub>	5,9	3,9	3,4	6,5	1,9	0,9

В 2020 году основной сорной растительностью являлась сурепка прижатая (табл. 2). Численность ее превысила экономический порог вредоносности более, чем в 80 раз и составляла 298 шт/м<sup>2</sup>. Также на посевах вредили гречишка вьюнковая (16 шт./м<sup>2</sup>), марь белая (4 шт./м<sup>2</sup>), остица простертая (44 шт/м<sup>2</sup>). Однодольные были представлены одним видом – пыреем ползучим. Его численность составила 16 шт/м<sup>2</sup>. Во всех вариантах с применением противодвудольных гербицидов наблюдалась высокая биологическая эффективность. Исключение составил препарат Магнум, где данный показатель был на уровне 23 %.

При обработке Примой и его баковыми смесями и Диаленом Супер наблюдается 100 % подавление численности двудольных сорняков. Также наиболее сильно вредила в этот год остица простертая, численность которой составляла 44 шт/м. Эффективными гербицидами против этого сорняка явились Прима и его баковые смеси и Диален Супер – 100 % по отношению к контролю. Таким образом, в 2019 и 2020 гг. из испытанных противодвудольных сорняков лучшие показатели были у Прима и его баковых смесей. Из-за низкой численности однодольных сорняков эффективность Пумы Супер не определен, так как основными сорными растениями в период исследований выступали двудольные сорняки.

Таблица 2. Влияние вариантов на численность (шт/м<sup>2</sup>) сорняков, 2020 г.

№ п/п	Варианты	Численность сорняков, шт/м <sup>2</sup>					
		Сурепка сжатая	Гречишка выюноквая	Марь белая	Острица простертая	Пырей ползучий	Ярутка полевая
1	Контроль	298	16	4	44	16	0
2	Прима	0	0	0	0	4	0
3	Прима+Пума Супер	0	0	0	0	0	0
4	Прима+Пума супер+Новосил	0	0	0	0	0	0
5	Диален Супер	0	0	0	0	0	0
6	Диален Супер+Пума Супер	2	0	0	2	0	0
7	Диален Супер+Пума Супер+ Новосил	0	0	0	0	0	0
8	Магнум	186	30	2	62	0	0
9	Магнум+Пума Супер	80	2	2	22	0	0
10	Магнум+Пума Супер+ Новосил	44	2	6	12	0	2
11	Пума Супер	228	6	0	6	0	0
12	Пума Супер+Новосил	88	24	10	14	0	0
	НСР <sub>05</sub>	130	5	2	23	0,8	0,9

Все испытываемые препараты и их баковые смеси не повлияли негативно на такие показатели культуры, как биомасса. Кроме того, в ряде случаев биомасса культуры существенно повысилась, вероятнее всего, это связано с уменьшением отрицательной роли сорняков в агроценозе (табл. 3). В 2019 году надземная биомасса сорняков в контроле составила 156 г/м<sup>2</sup>, а в 2020 году за счет сурепки прижатой данный показатель достиг до 840 г/м. За эти годы все испытываемые препараты достоверно снизили надземную биомассу сорных растений. Так, в 2019 году в вариантах с Примой и его баковыми смесями, Диаленом-Супер и Магнумом наблюдается 100 % снижение биомассы сорной растительности. В 2020 году также во всех вариантах наблюдается достоверное снижение надземной биомассы, кроме варианта с Пума Супер, так как основными сорными растениями были двудольные.

Таблица 3. Влияние вариантов опыта на формирование надземной биомассы сорных растений и культуры, г/м<sup>2</sup> (2019–2020 гг.)

№ п/п	Варианты	Надземная биомасса культуры		Надземная биомасса сорняков	
		2019	2020	2019	2020
1	Контроль (без обработки)	1620	1020	156	840
2	Прима	2240	1720	0	20
3	Прима+Пума Супер	1880	1580	0	0
4	Прима+Пума Суиер+Новосил	2350	1340	0	90
5	Диален Супер	1940	1780	24	0
6	Диален Супер+Пума Супер	2140	2320	0	20
7	Диален Супер+Пума супер+Новосил	2240	1820	0	0
8	Магнум	1600	1670	0	540
9	Магнум+Пума Супер	1400	1780	26	200
10	Магнум+Пума Супер+Новосил	1400	1700	50	170
11	Пума Супер	1580	920	36	650
12	Пума Супер+Новосил	1840	1300	0	580
	НСР <sub>05</sub>	562	564	58,1	187

Кроме снижения биомассы сорных растений, исследуемые препараты оказали то или иное влияние на ростовые процессы ячменя.

В 2019 году достоверное прибавка урожайности наблюдалась при использовании Магнума и его смеси с Пума-Супер (35–37 %). Также достоверно увеличили валовой сбор Прима и его баковая смесь с Пума-Супер и Новосилом, а также вариант Диален-супер + Пума Супер + Новосил. В 2020 году существенно увеличили урожайность все варианты с использованием гербицида Прима (40,0 %), а также вариант с Пума-Супер и Новосилом (55,0 %).

Таким образом, в среднем за 2 года урожайность зерна ячменя в контроле составила 2,3 т/га. Данный показатель существенно возрос при обработке гербицидами Прима и его баковыми смесями, Диален

Супер в баковой смеси с Новосилом, Магнум в баковой смеси Пума Супер – 2,9–3,0 т/га (НСР<sub>0,5</sub> – 0,5 т/га). При использовании Пумы Супер с Новосилом прибавка составила 0,8 т/га, но различия между этими вариантами были несущественными.

Предположительно, кроме улучшения условий питания и произрастания вследствие подавления сорных растений, одной из причин вышеуказанного факта явилось то, что ростостимулирующий эффект регулятора роста Новосил позволил в некоторой степени снизить пестицидный прессинг на ячмене.

#### **Заключение**

Результаты исследований показали, что основными сорными растениями на посевах ячменя ярового являются марь белая (*Chenopodium album* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), сурепка прижатая (*Barbarea stricta* Andrzej), овсюг обыкновенный (*Avena fatua* L.), остица простертая (*Asperugo procumbens* L.). Встречались также гречишка выюнкковая (*Fallopia convolvulus* (L.) A.Love), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), полынь якутская (*Artemisia jacutica* Drob.), но их численность была незначительной.

При опрыскивании Примой и их баковыми смесями, а также Диаленом Супер наблюдается подавление численности и биомассы двудольных сорняков на 97–100 %. Из-за низкой численности однодольных сорняков эффективность Пумы Супер не определена, так как основными сорными растениями в период исследований выступали двудольные сорняки.

Все испытываемые препараты и их баковые смеси не повлияли негативно на биомассу ячменя. Кроме того, в ряде случаев биомасса культуры существенно повысилась, что вероятно всего связано с уменьшением отрицательной роли сорняков в агроценозе.

В среднем за годы исследований урожайность ячменя в контроле составила 2,3 т/га. Данный показатель существенно возрос при обработке гербицидами Прима и его баковыми смесями, Диален Супер в баковой смеси с Новосилом, Магнум в баковой смеси Пума Супер – 2,9–3,0 т/га (НСР<sub>0,5</sub>–0,5 т/га). При использовании Пумы Супер с Новосилом прибавка составила 0,8 т/га, но различия между этими вариантами были несущественными.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Болезни, сорняки и вредители зерновых культур в условиях Сибири: Практическое руководство / под чл. Корреспондента РАСХН А. Н. Власенко. – Краснообск: ГРПО СО РАСХН, 1997.
2. Власенко, Н. Г. Сорные растения и борьба с ними при возделывании зерновых культур в Сибири: методическое пособие / Н. Г. Власенко, А. Н. Власенко, Т. П. Садохина, П. И. Кудашкин / РАСХНю Сиб. Отд-ние, СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2007. – 128 с.
3. Власенко, Н. Г. Методические указания по применению гербицидов на посевах зерновых культур в условиях Центральной Якутии Н. Г. Власенко, С. С. Слепцов, М. С. Самсонова. Под ред. академика Россельхозакадемии / ГНУ СибНИИЗиХ, ГНУ ЯНИИСХ Россельхозакадемии. – Якутск, 2010. – 60 с.
4. Конюхов, Г. И. Земледелие в Якутии / Г. И. Конюхов. – Новосибирск: ИПЦ Юпитер, 2005. – 358 с.
5. Миренков, Ю. А. Эффективность действия пестицидов в посевах озимого тритикале: автореф. дис. кан-та с.-х. наук / Ю. А. Миренков. – Горки, 1997. – 21 с.
6. Самсонова, М. С. Экологически безопасная защита ячменя ярового от болезней в условиях Центральной Якутии / М. С. Самсонова. – Новосибирск, 2011. – 21 с.
7. Статистический ежегодник Республики Саха (Якутия): статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики по Республике Саха (Якутия). – Якутск: 2021. – 708 с.

## МОБИЛИЗАЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ ГЕНОФОНДА РАСТИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ЯКУТИИ

Н. Е. ПАВЛОВ

Октемский филиал ФГБОУ ВО Арктический ГАТУ,  
с. Октемы, Республика Саха (Якутия), 678011

(Поступила в редакцию 17.03.2023)

С целью сбора и изучения генетического разнообразия кормовых трав Якутии, начиная с 1975 года, нами проводились экспедиции по сбору семян многолетних кормовых и лекарственных трав в южных, центральных и северных районах республики. В семидесятые и восьмидесятые годы прошлого столетия экспедиции проводились совместно с Якутским отрядом Восточно-Сибирской экспедиции Всесоюзного НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова. Всего обследовано для этих целей 16,4 тыс. га луговых угодий. Протяженность маршрута экспедиций составляет более 3,3 тыс. В эти годы обследованы пойменные, аласные и мелководные луга в центральных, юго-западных районах и Лено-Амгинского междуречья, а также на самых холодных точках земного шара – в Верхоянском и Оймяконском районах. Собраны более 500 уникальных образцов кострцов, пырейников, ячменей ломкоколосника ситникового, низовых злаков – мятлика лугового, овсяницы красной и бобовых трав.

**Ключевые слова:** кормовые травы, экспедиции, климат, злаковые, бобовые.

*In order to collect and study the genetic diversity of forage grasses in Yakutia, since 1975, we have conducted expeditions to collect seeds of perennial forage and medicinal herbs in the southern, central and northern regions of the republic. In the seventies and eighties of the last century, expeditions were carried out jointly with the Yakut detachment of the East Siberian expedition of the All-Union Research Institute of Plant Industry named after N.I. Vavilov. In total, 16.4 thousand hectares of meadow lands were surveyed for these purposes. The length of the route of the expeditions is more than 3.3 thousand km. During these years, floodplain, alas and shallow-valley meadows were surveyed in the central, southwestern regions and the Lena-Amga interfluvium, as well as in the coldest points of the globe – in the Verkhoyansk and Oymyakon regions. More than 500 unique samples of brome, couch grass, brittle barley, rush grass, grassland grasses (meadow bluegrass, red fescue and legumes) have been collected.*

**Key words:** forage grasses, expeditions, climate, cereals, legumes.

### Введение

В генетической основе любых сортов многолетних трав на Севере должна лежать его историческая память – генотип диких их сороричей. Ибо, все стрессовые факторы природно-климатических особенностей Севера могут выдержать только те генотипы, которые сформировались веками в тех же условиях. Как показывают многолетние испытания, большинство инорайонных сортопопуляций не выдерживают суровые условия перезимовки в Якутии. Основными лимитирующими факторами для них являются критически низкие температуры в зимний период, дефицит осадков в первой половине лета, влияние длинного светового дня и другие. По основным климатическим показателям Якутия выделяется среди всех других природных зон Северного полушария и целиком входит в зону многолетней мерзлоты. Здесь расположен полюс холода – Верхоянск и Оймякон. Благодаря резко континентальному климату амплитуда колебаний температуры воздуха превышает 100 градусов по Цельсию [1]. По сравнению с районами, лежащими на той же широте в Европейской части России и Западной Сибири, ресурсы солнечной энергии в Республике Саха оказываются больше. В таких экстремальных условиях и сформировался уникальный генофонд растений Якутии, обладающих комплексной устойчивостью к неблагоприятным факторам среды.

Растительность Якутии насчитывает 6767 видов растений, в том числе: споровых 4856, семенных – 1911 видов. Флора высших сосудистых растений представлена 1965 таксонами из 498 родов и 110 семейств. Из них наибольшее хозяйственное значение имеют растительность речных и горных долин республики. Здесь распространены луга из вейников Лангсдорфа и незамечаемого, полевицы Триниуса, осок прямостоящей, мелкой и пушицы узколистной. В среднетаежной подзоне в долинах Лены, Вилюя, Алдана облесенность достигает 60–80 %. В лиственничных лесах встречаются чистые ельники. В долинах, давно освоенных под сельское хозяйство, облесенность и закустаренность резко снижаются. В районе Якутска долинские леса составляют лишь 5 %. Луга занимают до 45 % площади. Здесь преимущественно распространены ячменные, лисохвостовые луга. По депрессиям и вокруг озер встречаются осоковые, тростянковые группировки. На высоких участках поймы — остепненные полевицевые луга и твердоватоосоковые степи. Степи и солончаки занимают 40 % площади. В долине Амги (сельскохозяйственный район) ячменные, вейниковые и лисохвостовые луга занимают 50–60 % площади долины. В горных долинах преобладают лиственничные горные леса с ольховником кустарниковым, шиповником иглистым, иногда кедровым стлаником, крупными злаками (вейником Лангсдорфа и др.). По галечникам – полосы чозения и тополя. На песчано-галечной пойме ограниченные площади занимают колосняковые, кострцовые, разнозлаковые луга. На надпойменных террасах распространены кобрезиевые луга. Другими хозяйственно

ценными комплексами растительных сообществ являются аласные луга. Растительный покров аласов характеризуется концентрическим распределением растительных сообществ в зависимости от влажности почв и засоленности. Растительный покров разнообразный. Основу травостоя обычно создают ячмень короткоостый, лисохвост тростниковый, бескильница тонкоцветковая, пырей ползучий. На сильнозасоленных участках появляются пятна с солянками и гречихой сибирской. Наиболее сухая последняя полоса располагается на самой периферии аласа. Здесь можно встретить разнотравно-злаково-осоковые остепненные растительные сообщества [5].

### Основная часть

С целью обогащения исходного материала для селекции, начиная с 1975 года, нами ежегодно проводятся экспедиции по сбору семян многолетних дикорастущих трав Якутии. В 1976, 1977, 1978, 1979, 1985, 1986 и 1988 годы экспедиции проводились совместно с Якутским отрядом Восточно-Сибирской экспедиции Всесоюзного НИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова под руководством А. В. Бухтеевой. Всего обследовано для этих целей более 17 тыс. га луговых угодий. Протяженность маршрута экспедиций составляет более 4,0 тыс. км. Маршруты экспедиций показаны на рис. 1.

В экспедиционных сборах семян кормовых культур нас больше всего интересовали во флоре Якутии семейства бобовых и злаковых трав. Семейство бобовых в Якутии представлено 16 родами и 108 видами и подвидами. Широко распространены клевер ползучий, донники белый и желтый, астрагал альпийский, копеечник альпийский, вика мышьяная или мышьяный горошек, клевер люпиновидный и луговой и другие. Семейство злаковых (мятликовых) представлено 53 родами и 211 видами и подвидами. В хозяйственном отношении злаки играют важную роль. К ним относятся основные такие пищевые культуры, как пшеница, рожь, овес, ячмень и другие. Как кормовые культуры в Якутии большую ценность имеют пырейники сибирский, изменчивый, кострецы безостый, иркутский, Караваева, вейники Лангсдорфа и незамечаемый, мятлики и полевиčky и т.д. Многие злаки являются злостными сорняками, такие как пырей ползучий, щетинник зеленый, ячмень гривастый и др. [3, 5]

По результатам многолетних стационарных и полевых исследований можно рекомендовать для использования в селекции как исходный материал лучшие образцы дикорастущих кормовых трав. Ниже приводятся характеристики наиболее перспективных образцов дикорастущих злаковых трав, которые собраны нами во время экспедиционных обследований

Кострец безостый – *Bromus inermis* Leyss (кылыһа суох сыыпар). Как показывают наши многочисленные экспедиционные обследования прибрежных, пойменных и аласных лугов Якутии, кострец безостый встречается редко, образуя небольшие островки зарослей и куртины в Центральных и Южных районах, а в западных и северо-восточных районах встречаются единичными экземплярами. Он произрастает обычно среди долинных кустарников, прибрежных ивняков, а также на опушках долинных лесов. Северные границы ареала распространения костреца безостого достигают Арктики. Нами собрано всего 32 образца. Наилучшие образцы [5] собраны в Олекминском районе. По мощности куста, высокорослости, облиственности и нежности травостоя эти образцы имеют несомненный интерес для селекционеров. В Якутии луга из костреца безостого распространены весьма ограниченно. Встречаются они только в пойме средней Лены и некоторых ее притоков на хорошо дренированных понижениях прирусловой части поймы. В отличие от костреца Пумпелла (*B. Pimpinelliana* Scriba) Holub, и Иркутского (*B. Irkutensis* (Kom.) Tvel), которые выступают чаще всего как монодоминанты в луговом сообществе, кострец безостый встречается единичными экземплярами или образует небольшие куртины возле речных долин и опушек леса

Изучение разных экотипов костреца безостого в условиях Центральной Якутии выявило широкий спектр полиморфизма. К примеру, если северные популяции имеют светло-зеленую окраску листьев, слегка развалистый куст и сравнительно низкую высоту травостоя (83–123 см), то экотипы из Западной Якутии имеют темно-зеленую окраску листьев, прямостоячий куст и сравнительно высокий травостой (128–131 см) [7]. Растения из Центральной Якутии высокорослы и имеют полуразвалистый куст. Такой полиморфизм якутских экотипов костреца безостого можно объяснить различиями условий произрастания. Например, северные экотипы костреца безостого, собранные выше 67° северной широты (окрестности Верхоянска), произрастают в июне в условиях круглосуточного полярного дня, а южные (Олекминский улус, 60,5° северной широты) – в условиях продолжительности дня в 18 часов. Кроме того, в разных природно-климатических зонах Якутии уровень воздействия на растения других внешних факторов (тепло- и влагообеспеченность, плодородие почвы и другие) сильно различаются. Если в придолинных ландшафтах Южной Якутии биологическая продуктивность климата оценивается в 90 баллах, то в Центральной Якутии она оценивается в 60–70, на севере и на междуречьях Лены и Амги, Лены и Вилюя она меньше 60 [1]. Сформировавшиеся в этих условиях физиологические и

биологические свойства костреца безостого адекватно отражают их отношения к факторам внешней среды.

Кострец Пумпелла – *Bromopsis pumPELLIANA* (Scribn.) Holub subsp. *pumPELLIANA*-*B.sibiricus* Drob. Из рода кострецов наиболее распространенным в Якутии видом является кострец Пумпелла. В Якутии произрастает повсеместно, выступая чаще всего в качестве доминанта и содоминанта в луговых сообществах. Относится к ценным высокоурожайным видам кормовых трав. В наших полевых опытах и ботанического сада института биологии растения костреца Пумпелла давали довольно высокий урожай – 27–53 ц/га сена. Образцы костреца Пумпелла мы находили во всех обследованных районах Якутии. Наиболее характерным местом его произрастания являются возвышенные участки островных и пойменных лугов. Встречается он также на опушках и под пологом разреженного лиственничного леса, среди кустарников и на вырубках. Часто доминирует или содоминирует на остепненных злаково-разнотравных пойменных лугах. Обладает высокой засухоустойчивостью. Популяции собранных образцов в разной степени восприимчивы к возбудителям спорыньи.



Рис. 1. Маршруты экспедиций по сбору семян многолетних трав в Якутии

Условные обозначения:

1. Олекмо-Ленский маршрут 1975, 1979, 1998 гг. 2. Центрально-Якутский маршрут (аласы Лено-Амгинского междуречья) – 1977, 1978, 1980, 1985, 1986 гг. 3. Лесотундровый маршрут (Верхоянский р-н) – 1980 г. 4. первый северо-западный маршрут – 1978, 1989, 1990 гг. 5. второй северо-западный маршрут – 1989 г. 6. Центрально-Якутский маршрут (аласы и долина среднего течения р.Лена) – 1976, 1978 гг. 7. Горно-таежный маршрут (Оймякон) – 1994 г. 8. Верхне и средне-амгинский маршруты – 1996–2007 гг. 9. Центрально-Якутский маршрут (речки Матта, Синяя) – 1999, 2004 г. 10. Тундровый маршрут – 2016 г.

Пырейник изменчивый, регнерия изменчивая – *Elymus mutabilis* (Drob) Tzel.subsp.mutabilis. – *Roeqneria mutabilis* (Drob)Hul. Растет по опушкам лиственничных и березовых лесов, на пойменных лугах, в зарослях кустарников. В природных местообитаниях пырейник изменчивый обычно не образует сплошных зарослей. Чаще встречается куртинами. Ценное сенокосное растение. Его мы находили во всех районах Якутии, где побывала наша экспедиция. Северный ареал распространения пырейника изменчивого доходит до бассейна рек Яны и Индигирки, где произрастает, в основном, на опушках леса, лесных полянах и редкостойном березово-лиственничном лесу. В Центральной Якутии пырейник часто встречается на подножие коренного берега р. Лена. Растения пырейника изменчивого на суходольных лесах низкорослы (60–90 см), имеют слабую облиственность и низкую кустистость. Наиболее хорошие образцы собраны на опушках лесов в долинах рек Лены и Амги, а также на окраине аласа Куочай в Нюрбинском районе. Высота травостоя в этих

местах достигает 100–120 см, облиственность средняя. Растения мощные, от 15 до 30 стеблей в кусте. Образцы отличаются высокой семенной продуктивностью [5].

Пырейник сибирский. *Elymus sibiricus* (L.) Tavel. Естественный ареал волоснеца сибирского, благодаря его высокой экологической приспособленности к различным почвенно-климатическим условиям, очень обширен и охватывает почти всю Сибирь, Дальний Восток и Среднюю Азию. Произрастает на лугах, лесных полянах, галечниках, среди кустарников, иногда у дорог и на окраинах полей. В Якутии произрастает повсеместно до 69 °С северной широты, не образуя при этом сплошных зарослей. Наилучший образец пырейника сибирского был собран в 1975 году в Олекминском районе на острове Улахан Ары. Произрастает он среди кустарников на опушке леса в сообществе с вейником Лангсдорфа и пырейником Турчанинова. Островками образует сплошные заросли. Высота растений достигает 120–130 см. Эта популяция выделяется хорошей семенной продуктивностью и устойчивостью к болезням. На северной границе ареала пырейника сибирского собраны интересные образцы в Верхоянском (1980), Томпонском (2006) и в Оймяконском (2006) районах. Эти образцы хотя и не выделяются от своих более южных сородичей по морфологическим признакам, имеют несомненный интерес для селекционеров как представители зоны, которая не имеет аналогов во всем мире по своим природно-климатическим условиям.

Мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) Многолетнее рыхлокустовое растение высотой до 60–100 см с большим количеством коротких вегетативных побегов. Это один из наиболее распространенных в Якутии видов, используемых как пастбищная и газонная трава. Встречается во всех районах лесной зоны Якутии. Произрастает на пойменных, приозерных лугах и лесных полянах, образует иногда чистые заросли. В большинстве случаев травостой мятлика растут в сообществе с различными видами злаков и разнотравья. Наибольший селекционный интерес представляют несколько образцов из Верхоянского района, где популяции мятлика выступают как доминанты в луговых сообществах. Выделяются два экотипа – пойменные популяции и лесных понижений. Растения лесных популяций отличаются мощностью куста, высокорослостью (80–120 см) и семенной продуктивностью. Генеративные побеги у них малочисленные, толстые, прочные, листья широкие и короткие. Пойменные популяции более низкорослые (60–80 см) с густым травостоем. Листья у них короткие, узкие. Метелка односторонняя и хорошо озернена. Также большой интерес представляет образец из Центральной Якутии, собранный на сыром торфянистом аласном лугу в 40 км к западу от поселка Амга. Травостой очень высокорослый (100–110 см), стебли толстые, листья узкие и короткие. Популяции мятлика в обследованных районах исключительно разнообразны по высоте и густоте травостоя, а также по продуктивности. Сплошные травостои мятлика, выделяющиеся высокорослостью (80–100 см), хорошей облиственностью и семенной продуктивностью (№ 50, 176, 23) встречаются на хорошо увлажненных пойменных приозерных лугах и лесных полянах. На средневлажном поясе аласных лугов центральной и южной Якутии мятлик луговой является чаще всего доминирующей культурой или содоминантом лисохвоста тростникового или полевицы гигантской. Травостой здесь выделяется сравнительно высокой кустистостью и семенной продуктивностью. Стебли низко- и среднерослые (30–60 см). На сухих гривах и склонах гор, а также на менее увлажненных лесных местообитаниях мятлик встречается куртинами или единично. Стебли малооблиственны, метелка рыхлая, раскидистая и длинная. Единичные стебли в кусте достигают 50–70 см.

Ломкоколосник ситниковый *Psathyrostachys juncea* (Fisch) Nevski. *Psathyros* – ломкий и *stachys* – колос) Встречающийся в Якутии подвид ломкоколосника пленчаточеткового отличается низкорослостью генеративных побегов и сильной ломкостью колоса. Не образует сплошных зарослей. Мощные прикорневые листья формируют кочкообразные травостои и плотную дернину. Хотя и считается степным растением, ломкоколосник является нетребовательным к тепловым факторам среды. На южных склонах гор растения начинают вегетацию с третьей декады апреля, где молодые побеги этих растений являются излюбленным пастбищным кормом для лошадей после тяжелой зимней тебеневки. На пойменных агроценозах растения ломкоколосника начинают отрастать раньше всех злаков, сразу после схода снега. М. Н. Караваев и С. З. Скрыбин [4] считают его пришельцем из южных широт, который проник на территорию Якутии, как и другие степные растения, в одну из сухих и сравнительно теплых эпох. Они утверждают, что по происхождению ломкоколосник связан с центрально-азиатской и переднеазиатской степными флорами. В Якутии он вместе со степным комплексом продвигается до 67 ° с.ш. (Верхоянский район) и входит в состав ковыльно-житняковых фитоценозов. Наиболее интересные образцы собраны на крутом склоне коренного берега р. Яна у села Сарганг в Верхоянском районе, на аласах Чурапчинского, Амгинского районов и левого коренного берега р. Лена в долинах Туймаада и Эркээни. Используя генотипы этих популяций созданы сорта ломкоколосника ситникового Манчаары и Боотур.

Овсяница Красная *Festuca rubra* L. Subsp. *Rubra*. Подвиды и виды овсяницы распространены во всех холодных, умеренно теплых и субтропических странах обоих полушарий. Однако в Якутии чаще всего встречается овсяница красная. Это многолетнее рыхлокустовое растение. В зависимости от места

произрастания, метеоусловий и вегетационного периода высота растений колеблется от 20 до 70 см. Является одним из наиболее распространенных видов в Якутии. Мы ее находили во всех районах работы наших экспедиций.

Овсяница красная хорошо отзывается на введение в культуру. В наших опытах, проведенных в Центральном районе – Хангаласском (1981–1990 гг.), Амгинском (1993–1998 гг.) и Привилуйских – Нюрбинском (2006–2007 гг.) районах, травостой овсяницы красной сформировали по 2–3 укоса за вегетацию и давали урожай зеленой массы 950–1600 г/м.

Ячмень короткоостый – *Hordeum brevisubulatum* (Trin.). Виды рода *Hordeum* распространены в умеренно теплых и субтропических странах Евразии, Америки и северной Африки. В Якутии встречаются три вида рода *Hordeum*. Из них наиболее распространенным и имеющим хозяйственное значение является *Hordeum brevisubulatum*. Он часто встречается на пойменных и островных лугах реки Лены, где выступает как доминант. Встречается также в бассейнах рек Вилюя и Яны и доходит до 64 ° северной широты. Лучшие образцы ячменя короткоостого нами были собраны в Олекминском районе на пойменных лугах под Абагой и 1-м Нерюктяем. Растения здесь высокие (90–100 см), хорошо облиственные и обсемененные. На супесчаных и песчаных почвах пойменных лугов Якутии, а также на слабо солончаковых почвах аласов часто является фоновым растением и составляет основную массу травостоя. Иногда формирует небольшие чистые заросли короткоостоячменных лугов. О высоких кормовых достоинствах писал А.Д. Егоров [16]. По нашим данным в естественных условиях произрастания в ячмене содержится 8,3 % сырого протеина, 33,9 % клетчатки, 2,7 % жира и 39,9 % безазотистых экстрактивных веществ. В 100 кг сена содержится 50 к.е. и 5,5 кг переваримого протеина. Несмотря на такую перспективность введения этого растения в культуру, в России почти не ведется селекционная работа с ним. Видимо, причиной тому является ломкость колоса, что веками формировалось как экологическое средство выживания и не поддается простым методам традиционной и синтетической селекции.

Бобовые – *leguminosae*. Семейство бобовых считается одним из самых обширных семейств. Ботаники относят к ней более 12000 видов. Однако во флоре Якутии встречаются из них небольшое количество. Наиболее распространенными в естественных условиях и в культуре являются только люцерна серповидная, донники белый и желтый. Некоторые виды, ценные в кормовом отношении, как клевер люпиновидный, мышинный горошек, вика приятная, хотя и растут повсеместно и обильно, ещё не введены в культуру. На пойменных лугах Олекминского района и на долинах рек и ручейков Алданского района встречаются клевер луговой и чина луговая, которые не формируют фитоценозы сколько-нибудь значимые в хозяйственном отношении. На возвышенных местах пойм рек Лены, Амги и аласов бассейна реки Вилюй часто встречаются заросли астрагала, на залежах – эспарцета. Из редко встречаемых видов бобовых трав, на берегу р. Мархи мы находили очень интересный образец копеечника альпийского, у которого в конце августа травостой находился в интенсивно-зеленом состоянии, тогда как все злаковые и другие травянистые растения находились на стадии конца вегетации. Бобовые кормовые травы отличаются высокими кормовыми достоинствами. Установлено, что наибольшее количество питательных веществ у бобовых трав содержится в период бутонизации, а более высокий урожай кормовой массы – в начале цветения. Наибольший интерес как исходный материал для селекции представляют образцы люцерны, донников и клеверов.

Люцерна желтая или серповидная (*M. Falcata* L.) Характерным местом произрастания серповидной люцерны являются сухие пойменные луга, травяные осветленные лиственничные и березовые леса, приречные каменистые склоны коренного берега среднего течения р. Лены. Люцерну мы находили на пойменных лугах Олекминского района, на скалистых склонах левого берега реки Лены на территории Хангаласского района и на верховьях р. Амги. Среди собранных образцов по обилию в фитоценозе, облиственности и форме куста выделяются популяции из пойменных лугов под Олекминском и каменистых склонов левого берега Лены под селами Тит-Ары и Булгунняхтах. В верховьях Амги травостой люцерны низкорослый, полегающий, со слабой облиственностью и не представляет особой ценности как исходный материал для селекции. В Привилуйской зоне ареал распространения люцерны серповидной не доходит, однако в 7 км к северу от г. Нюрбы на территории сортоучастка мы находили одичавшую популяцию люцерны синегибридной, которая высевалась в середине прошлого столетия для сортоиспытания. Растения прямостоячие высотой 60–80 см.

Донники (*Melilotus*). Род травянистых малолетних растений из семейства бобовых и являются обычными растениями для лугов, пустырей и залежей. Ценное кормовое растение для сельскохозяйственных животных, дает много питательной биомассы и улучшает структуру почвы. Высокая засухоустойчивость, солевыносливость, зимостойкость и способность давать устойчивые урожаи зеленой массы и семян даже в самые засушливые годы выдвигают эту культуру на одно из первых мест при освоении засоленных земель Якутии. Донник является хорошим предшественником зерновых культур,

незаменимым сидератом и кормовой культурой в занятых парах, а также ценным бобовым компонентом для травосмесей многолетних трав. В наших опытах при создании среднесложных травосмесей в Амгинском районе донник белый совместно с пырейником сибирским давали устойчивые урожаи сена в первые годы использования травосмесей, а с третьего года в формировании урожая вступали другие культуры. Среди видов донника наиболее распространенными и имеющими хозяйственное значение являются донник белый и донник душистый. Хотя некоторые авторы считают, что донники редко встречаются во флоре Якутии, мы их находили повсеместно на обочинах дорог, прибрежных галечниках левобережья р. Лены и как сорное растение на пашнях Олекминского района. Н. А. Мухина, А. В. Бухтеева и Н. С. Пивоварова видимо правы, когда они считают, что северная граница распространения донника белого совпадает с северной границей земледелия [2]. Первые испытания образцов донника в условиях Якутии проводились Н. Х. Сагитовым в послевоенные годы прошлого столетия (1949). Впоследствии исследования по интродукции и селекции донника проводились в Якутском НИИСХ Яковлевым А.С. Из множества инорайонных образцов донника преобладающее большинство было забраковано из-за низкой зимостойкости. Было оставлено для дальнейшей селекционной работы только 12 образцов из ВИРовской коллекции и местные дикорастущие образцы. В результате длительной селекционной работы были созданы сорта донника белого Немюгюнский и душистого – Аласовский.

### **Заключение**

Благодаря многочисленным экспедициям по Якутии нами накоплен ценный опыт не только сбора семян, но и поиска интересных экземпляров, спонтанных гибридов, редких амфидиплоидов и др. Чаще такие интересные экземпляры встречаются на стыке видовых ареалов распространения. Для повышения эффективности использования генетических ресурсов кормовых трав Якутии в создании новых сортов многолетних трав, необходимо продолжить и расширить экспедиционные сборы семян по районам Якутии. В настоящее время недостаточно изучены наиболее богатые во флористическом плане южные районы республики – Ленский, Нерюнгринский и Алданский. Из-за транспортных сложностей не обследованными остались СевероВосток Якутии – Абыйский, Момский и Колымские районы. Ждет своей очереди весьма интересный экспедиционный маршрут: Якутск–Хандыга–Оймякон–Магадан, пересекающий несколько природно-климатических зон. Интересен также тундровый маршрут для сбора семян цветковых и кормовых растений. Для сохранения и рационального использования уникального генофонда растительных ресурсов Севера необходимо разработать национальную стратегию как в Республике Беларусь на длительный период и издать каталог доноров устойчивости к стрессовым факторам среды [8].

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Агроклиматический справочник по Якутской АССР. Л.:1963. – 146 с.
2. Бухтеева, А. В., Дохунаев В. Н., Павлов Н. Е. Ресурсы многолетних кормовых растений Якутии / А. В. Бухтеева, В. Н. Дохунаев, Н. Е. Павлов // Тр. по прикл. бот., ген. и селекции. – Л., 1981. –Т.71. – С. 36–43.
3. Дохунаев, В. Н. Собирайте семена дикорастущих многолетних трав / В. Н. Дохунаев, А. С. Яковлев, Н. Е. Павлов // Инф. листок / Якут. ЦНТИ.
4. Караваев, М. Н. Растительный мир Якутии / М. Н. Караваев, С. З. Скрябин. – Якутск, 1971. – 125 с.
5. Павлов, Н. Е. Сбор и изучение генофонда кормовых трав якутии / Н. Е. Павлов. – Якутск, «Къым-принт», 2020. – С. 142.
6. Сагитов, Н. Х. Научный отчет Якутской государственной селекционной станции за 1929–1946 гг. / Н. Х. Сагитов. – Якутск: Госизд-во ЯАССР, 1947. – 123 с.
7. Яковлев, А. С. Многолетние травы для коренного улучшения вырожденных природных кормовых угодий Якутии / А. С. Яковлев, В. Н. Дохунаев, Н. Е. Павлов // Охрана природы Якутии. Якутск: Изд. ЯФ СО АН СССР, 1979. – С. 64–65.
8. Дмитриева, С. А. Достижения и перспективы сохранения генофонда диких родичей культурных растений и диких продовольственных видов в Беларуси / С. А. Дмитриева, С. С. Савчук // Сборник тезисов международной конференции «125 лет прикладной ботаники в России». – СПб., 2019. – С. 77.

## ФИТОМОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНОГО ОБМЕНА ДЕРЕВЬЕВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СТЕПИ

А. И. КАРАЕВ, В. А. ОДИНЦОВА

ГОУ ВО Мелитопольский государственный университет,  
г. Мелитополь, Российская Федерация

(Поступила в редакцию 20.03.2023)

*Представлены результаты лабораторно-полевых исследований влияния климатических факторов Южной степи на водный и температурный режим деревьев черешни и абрикоса во время воздушной и почвенной засухи, когда деревья находятся в стрессовом состоянии. Функциональное состояние деревьев черешни и абрикоса изучалось методом фитомониторинга, по результатам которого установлены закономерности изменения физиологических параметров деревьев во время воздушной и почвенной засухи. В качестве интегрального показателя, характеризующего физиологическое состояние деревьев, принят индекс скорости ксилемного потока в стволе деревьев.*

*Установлено, что при значении индекса скорости ксилемного потока больше или равного единице, водный дефицит деревьев является критическим, что свидетельствует о необходимости применения орошения, то есть, чем больше величина индекса скорости потока в предрассветное время по сравнению с дневным, тем больше водный дефицит деревьев. Также выявлены закономерности изменения суточной динамики индекса скорости потока в стволе деревьев, которые следует учитывать при определении продолжительности проведения поливов.*

**Ключевые слова:** водный обмен, индекс скорости ксилемного потока, температура листьев, ствол дерева, черешня, абрикос, климатические факторы, физиологическое состояние деревьев.

*The results of laboratory and field studies of the influence of climatic factors of the Southern steppe on the water and temperature regime of cherry and apricot trees during air and soil drought, when the trees are under stress, are presented.*

*The functional state of cherry and apricot trees was studied by the method of phyto-monitoring, the results of which established patterns of changes in the physiological parameters of trees during air and soil drought. As an integral indicator characterizing the physiological state of trees, the index of the speed of the xylem flow in the tree trunk was taken.*

*It has been established that when the value of the xylem flow rate index is greater than or equal to one, the water deficit of trees is critical, which indicates the need for irrigation, that is, the greater the value of the flow rate index in the pre-dawn time compared to the daytime, the greater the water deficit of trees. Regularities of changes in the daily dynamics of the flow rate index in the tree trunk were also revealed, which should be taken into account when determining the duration of irrigation.*

**Key words:** water exchange, xylem flow rate index, leaf temperature, tree trunk, sweet cherry, apricot, climatic factors, physiological state of trees.

### Введение

Сумма осадков за один год в Южной степи находится в пределах от 310 мм до 500 мм, которые неравномерно распределяются по месяцам, а в период летней вегетации плодовых деревьев наблюдается почвенная и воздушная засуха. Такие метеорологические условия вызывают у деревьев плодовых косточковых культур стрессовое состояние в разные периоды их роста и развития. В результате дефицита почвенной и воздушной влаги снижается зимостойкость деревьев, возникает периодичность их плодоношения, уменьшаются валовые показатели урожая и увеличивается доля нестандартных плодов. Решение данной проблемы возможно путем разработки автоматизированных систем поливов с модулями управления водным балансом растений за счет алгоритмов вычисления значений управляющих воздействий [1, 2]. Получение информации для разработки данных алгоритмов возможно с использованием методов фитомониторинговых исследований.

В настоящее время вопросы практического использования методов фитомониторинга для изучения водного режима деревьев плодовых культур применяются многими учеными в различных почвенно-климатических зонах [3, 4]. Так, в работах [5, 6] обсуждаются результаты исследований фитомониторинга по показателю скорости ксилемного потока в стволе дерева с использованием метода теплового баланса, которые указывают на то, что интенсивность водного обмена растений в значительной степени зависит от условий освещенности, температуры и влажности воздуха.

Авторы работ [7, 8] обосновывают перспективность использования методов фитомониторинга для определения потребности винограда и плодовых деревьев во влаге по показателю скорости ксилемного потока в стволе с целью разработки и совершенствования информационных технологий. В работах [9, 10] указывается на то, что при достаточном содержании в почве физиологически доступной влаги скорость ксилемного потока зависит от интенсивности транспирации и изменяется в течении суток, а при отсутствии в почве доступной влаги листья используют влагу древесины и плодов. Для орошения плодовых культур, в том числе абрикоса и черешни, наибольшее распространение получили системы микроорошения [11, 12], которые используют для обеспечения оптимальной влажности почвы.

Мелкодисперсное дождевание деревьев также могло бы снизить вероятность не критических повреждений листового аппарата растений высокой температурой воздуха, которые могут появляться даже при наличии достаточного количества почвенной влаги.

Из приведенного следует, что установление закономерностей водного обмена в деревьях абрикоса и черешни с использованием методов фитомониторинга и разработка на основе полученных данных алгоритмов управления физиологическими параметрами деревьев и режимами поливов является актуальной научной задачей.

Целью данных исследований являлось установление закономерностей изменения суточных ритмов скорости индекса ксилемного потока в деревьях черешни и абрикоса.

### Основная часть

Исследования проводились на опытном участке (г. Мелитополь) в период вегетации с 2016 г. по 2020 г. Фитомониторинг индекса скорости ксилемного потока осуществляли на модельных деревьях черешни и абрикоса методом теплового постоянного нагрева [13]. Измерение выполнялось с помощью датчиков регистрации скорости индекса ксилемного потока в стволах деревьев, которые представлены на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид датчиков измерения индекса ксилемного потока в стволе черешни и абрикоса: а) датчик; б) датчики в стволах деревьев

Датчик состоит из медь-константановых термопар, размещенных в металлических трубках из нержавеющей стали диаметром 0,8 мм, и нагревателя – проволоки высокого сопротивления. Датчик устанавливался в ствол деревьев на соответствующую глубину вдоль оси ствола. Изучение анатомии срезов штамбов деревьев показали, что активные проводящие сосуды ксилемы абрикоса расположены в двух наружных периферийных кольцах на расстоянии 1,0–1,5 см от перидермы коры штамба. У черешни они находятся в трех периферийных кольцах на расстоянии 0,5–1,1 см. Кольца с гидроактивными сосудами ксилемы черешни показаны на рис. 2. Фитомониторинг температурных изменений в листьях деревьев предполагал их длительную регистрацию контактными датчиками с медь-константановыми термопарами без повреждения целостности листьев. Датчик состоит из четырех последовательно соединенных медь-константановых термопар (рис. 3). Показания датчика указывали на разность температурных изменений в зоне измерения (лист – смоченный термометр).



Рис. 2. Общий вид среза штамба черешни с активными проводящими сосудами ксилемы

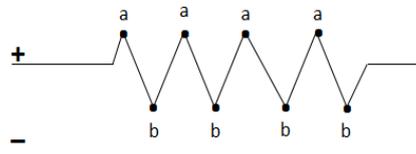


Рис. 3. Схема датчика для регистрации изменений температуры в листьях: а – положительные спаи; б – отрицательные спаи

**Результаты исследований.** В течение вегетаций указанного периода в автоматизированном режиме методами фитомониторинга [6] проводили ежедневную непрерывную регистрацию градиента температур от термопар датчиков ксилемного потока в стволе деревьев абрикоса и черешни. По суточным ритмам данного параметра установлены закономерности его изменения и определены основные характерные точки. Суточный ритм индекса скорости ксилемного потока в стволе деревьев на фоне

солнечной радиации представлен на рис. 4. Водный дефицит у деревьев возникал тогда, когда отношение величины предрассветного индекса ксилемного потока ( $V_{пр.}$ ) к дневному ( $V_{дн.}$ ) было больше или равно единице. Индекс скорости восходящего водного потока в стволе деревьев приобретал максимальное значение около 7 ч утра ( $V_{\max \text{ дн.}}$ ). Именно в это время интенсивность солнечной радиации возрастает, что обуславливает соответствующий уровень интенсивности транспирации листьев деревьев. К этому моменту расходы влаги растениями пополнялись, как из почвы, так и из резервуаров стволов деревьев, а затем, согласно [14, 15], происходит уменьшение диаметра штамбов, при котором сопротивляемость водному току из резервуара стволов деревьев становится меньше, чем сопротивляемость потоку влаги из почвы. Около 8 ч уровень индекса скорости ксилемного потока резко снижался ( $V_{дн.}$ ). С последующим увеличением интенсивности транспирации расход воды превышал ее поступление из почвы, а процесс водообеспечения поддерживался из запасов влаги стволов деревьев вплоть до момента достижения максимального значения индекса ксилемного потока в вечернее время суток ( $V_{\max \text{ вечер.}}$ ). Промежуток времени между утренними и вечерними максимальными значениями индекса ксилемного потока указывает на то, что деревья испытывают водный дефицит. Результаты наблюдений за изменениями суточных ритмов физиологических параметров деревьев абрикоса и черешни на фоне солнечной радиации и температуры воздуха представлены на рис. 5.

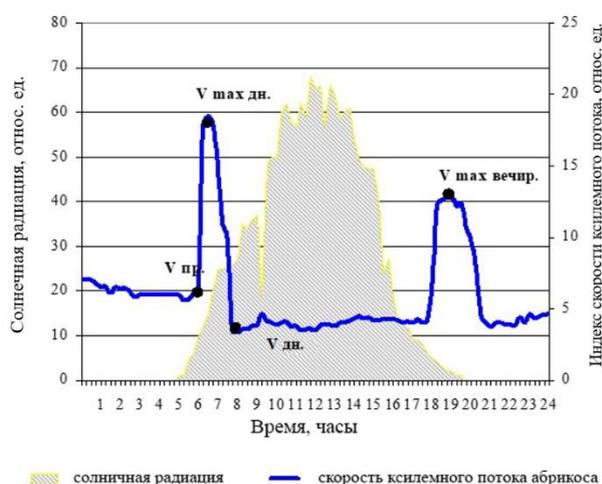


Рис. 4. Изменение индекса скорости ксилемного потока в стволе деревьев

Максимального значения суточный ритм индекса скорости ксилемного потока у деревьев абрикоса достигал около 7 ч утра, а у молодых деревьев черешни утренний максимум наступал на 1,5 ч раньше. Во время воздушной засухи наблюдалась реакция растений абрикоса и черешни на недостаток влаги, то есть у растений возникал водный дефицит. После утреннего максимума происходило резкое снижение индекса ксилемного потока до определенного уровня и продолжалось вплоть до вечернего времени суток (вечерний максимум), который у обеих культур наступал около 19 ч. По динамике изменений температуры листьев абрикоса и черешни выявлено, что в ночное время суток их температура ниже температуры воздуха. В течение интенсивной солнечной радиации (с 7 ч до 17 ч) температура листьев превышала температуру воздуха на 3–6 °С, а в вечернее время температура листьев снижалась.

Влияние поливов мелкодисперсным подкroновым дождеванием на изменение физиологических параметров деревьев черешни и абрикоса в течение суток приведено на рис.6 и рис 7. Поливы деревьев черешни выполнялись с 9 ч 45 мин до 15 ч 45 мин в прерывистом режиме (полив-пауза). Подкroновое дождевание способствовало возрастанию величины индекса ксилемного потока в дневные часы суток, по сравнению с контролем (без орошения). После прекращения полива величина скорости ксилемного потока достигала соответствующего уровня, а водный дефицит к концу суток был устранен.

Поливы абрикоса проводились с 10 ч 45 мин до 13 ч 45 мин. Максимальное значение ( $V_{\max \text{ дн.}}$ ) индекс скорости водного потока в стволе деревьев абрикоса приобретал около 8 ч утра, затем резко снижался, а проведение поливов приводили к его увеличению. После прекращения поливов водный дефицит к концу суток также был устранен, о чем свидетельствует то, что после вечернего максимума ( $V_{\max \text{ веч.}}$ ) величина индекса ксилемного потока значительно снижалась по сравнению со значением предыдущей ночи.

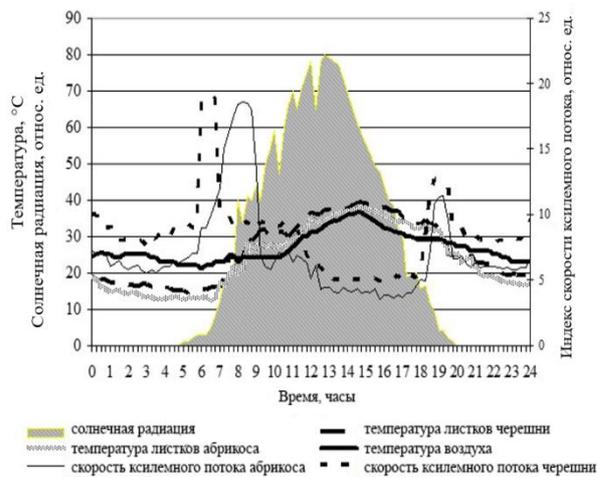


Рис. 5. Изменения индекса скорости ксилемного потока и температуры листьев абрикоса и черешни

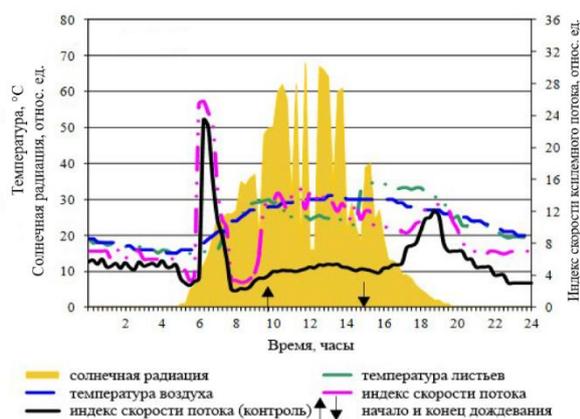


Рис. 6. Влияние поливов на физиологические параметры деревьев черешни

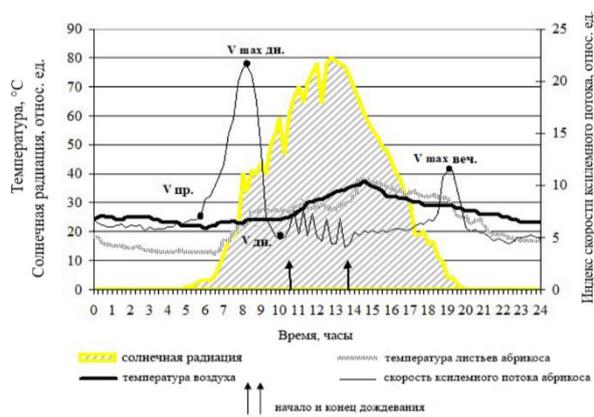


Рис. 7. Влияние поливов на физиологические параметры деревьев абрикоса

Динамика температуры листьев показала, что в ночной период времени суток их температура ниже температуры воздуха. В течение интенсивной солнечной радиации (с 9 ч до 17 ч) температура листьев превышала температуру воздуха, а при орошении температура листьев снижалась на 4–5 °С.

### Заключение

Применение методов фитомониторинга позволило установить закономерности динамики суточных ритмов скорости индекса ксилемного потока в стволе деревьев черешни и абрикоса, что является достаточно полной характеристикой функционального состояния деревьев, по которому возможно изучать водный обмен деревьев в течение вегетационного периода, не нарушая целостность растений. Изучение изменений функционального состояния деревьев абрикоса и черешни в условиях Южной степи позволило проследить динамику водного обмена в деревьях и установить время возникновения у них водного дефицита.

По полученным закономерностям изменений индекса скорости ксилемного потока в стволах деревьев и температуры листьев абрикоса и черешни установлено, что при подкroновом мелкодисперсном дождевании скорость ксилемного потока уменьшается в 1,2–1,3 раза, а температура листьев снижается на 4–5 °С в сравнении с природным увлажнением. Это способствовало нормализации скорости индекса ксилемного потока деревьев в дневные часы суток и предотвращало перегрев листового аппарата.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Караев, А. Формирование базы данных для автоматизированного управления физиологическим состоянием плодовых деревьев мелкодисперсным дождеванием. / А. И. Караев, С. Л. Сушко, В. Одинцова // MOTROL Commission of Motorization and Energetic in Agriculture an international journal on operation of farm and agrifood industry machinery. – 2016. – Vol 18, №1. – P. 55–59.
2. Нилов, Н. Фитомониторинг в виноградарстве: Современные возможности и перспективы / Н. Нилов // Виноделие и виноградарство. – 2004. – №3. – С. 26–28.
3. Fernandez, J. E., Green S. R., Caspari H. W., Diaz-Espejo A., Cuevas M. V. The use sap flow measurements for scheduling irrigation in olive, apple and Asian pear trees and in grapevines. *Aust. J. Agr. Res.* – 2008. – Vol.59. – P. 589–598.
4. Cohen, M. Goldhomer D. A, Fereres E., Girona J., Mataeach M. Assessment of peach tree responses to irrigation water deficits by continuous monitoring of trunk diameter changes. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* – 2001. – Vol.76, №1. – P. 55–60.
5. Ермаков, Е. И. Фитомониторинг. Современные проблемы и перспективы / Е. И. Ермаков, С. Н. Мелешенко, С. С. Радченко // Сельскохозяйственная биология: Сер. биология растений. – 2002. – №3. – С. 25–35.
6. Ильницкий, О. А. Фитомониторинг в растениеводстве / О. А. Ильницкий, А. И. Лищук, В. А. Ушкаренко. – Херсон, 1997. – 235 с.
7. Нилов, Н. Фитомониторинг в виноградарстве: Современные возможности и перспективы / Н. Нилов // Виноделие и виноградарство. – 2004. – №3. – С. 26–28.
8. Надеждина, Н. Е. Пространственные и временные вариации скорости водного потока в ксилеме яблони / Н. Е. Надеждина, О. А. Ильницкий, В. А. Одинцова // Физиология и биохимия культурных растений. – 1991. – Т.23, №6. – С. 588–594.
9. Ильницкий, О. А. Динамика влажности ксилемы ствола у плодовых культур семейства Rosaceae / О. А. Ильницкий, М. Ф. Бойко // Черноморский ботанический журнал. – 2006. – Т.2, №2. – С. 60–71.
10. Ballester, C.; Castel, J.; Sanz, F.; Yeves, A.; Intrigliolo, D.S.; Castel, J.R. Can sap flow be used for determining transpiration of citrus trees under different irrigation regimes? *Acta Hort.* 2011, vol. 922, P. 221–228.
11. Терпигорев, А. А. Технология и техника микроорошения локальных систем / А. А. Терпигорев, А. В. Грушин, С. А. Гжибовский // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 11. – С. 22–26.
12. Караев, А. И. Расчетный метод определения режимов орошения с использованием климатических показателей / А. И. Караев, С. Л. Сушко // Motrol Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2015. – Vol. 17, №. 9.
13. Тихов, П. В. Тепловой метод непрерывной регистрации относительной скорости движения пасоки в ксилеме древесных растений. *Биофизические методы исследований в экофизиологии древесных растений* / П. В. Тихов. – Л., 1979. – С. 68–85.
14. Nadezhdina N. Sap flow index as an indicator of plant water status. *Tree Physiology.* – 1999. – Vol. 19. – P. 885–891.
15. Одинцова, В. А. Фитомониторинг при изучении водного обмена и температурного режима растений черешни. Научные труды СКФНЦСВВ «Современные методы и способы повышения эффективности отраслевого производства» / В. А. Одинцова. – Краснодар, 2017. – Т. 13. – С. 55–58.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОВОКАЦИОННЫХ ФОНОВ В СЕЛЕКЦИИ ПЕРЕКРЕСТНООПЫЛЯЕМЫХ КУЛЬТУР В ПОЛЕССКОМ ИНСТИТУТЕ РАСТЕНИЕВОДСТВА****В. И. КРАВЦОВ, В. А. РАДОВНЯ, В. Л. КОПЫЛОВИЧ, О. С. РАДОВНЯ***РНДУП «Полесский институт растениеводства»,  
аг. Криничный, Республика Беларусь, 247781**(Поступила в редакцию 21.03.2023)*

*В селекции перекрестноопыляющихся культур (ПОК) чрезвычайно важно проводить раннюю оценку селекционного материала (до цветения). Для повышения эффективности селекции ПОК в РНДУП «Полесский институт растениеводства» используются провокационные фоны, позволяющие многократно увеличить объемы первоначальной оценки селекционного материала и повысить эффективность отбора элитных растений с заданными признаками и свойствами. Сообщаются некоторые особенности селекции ПОК. Для отбора холодостойких линий кукурузы и сорго сахарного посев селекционного материала проводится в оптимально ранние сроки (вторая – третья декада апреля по кукурузе и начало мая по сорго), а для самоопыления отбираются формы, обладающие косвенными признаками холодостойкости (различные показатели). При формировании гибридных популяций использование групповых изоляторов сорго площадью 600 м<sup>2</sup> (ориентировочно 12 тыс. растений) позволяет вовлечь в популяцию большое количество генотипов и избежать сужения его генетического состава.*

*Установлено, что при густоте стояния растений 120 тыс. шт./га хорошо дифференцируется селекционный материал и гибриды кукурузы по признаку засухоустойчивости. Вместе с тем, повышенная густота стояния затрудняет оценку самоопыленных линий и проведение работ по самоопылению, в связи с чем данный фон предлагается использовать в конкурсном сортоиспытании для проведения дополнительной оценки. Использование в селекции зерновой озимой ржи провокационных фонов «поздние сроки сева» в сочетании с отбором после перестоя растений на корню, позволили повысить хлебопекарные качества нового селекционного материала и его толерантность к поздним срокам сева, обычным для условий Полесского региона. Благодаря многократному посеву зеленоужосной ржи в поздние сроки на постоянных изоляторах в сочетании с отбором на высокую массу 1000 семян были созданы гибридные популяции, обладающие повышенной устойчивостью к фузариозным корневым гнилям и активным осенним развитием. Эффективность выбранных методов селекции ПОК в Полесском институте растениеводства подтверждается высокой оценкой хозяйственной ценности новых сортов и гибридов в государственном сортоиспытании и включением их в Реестр сортов растений Республики Беларусь.*

**Ключевые слова:** *методы селекции, отборы, оценка, перекрестноопыляющиеся культуры, кукуруза, сорго, рожь озимая.*

*In cross-pollination crop (CPC) breeding, it is extremely important to evaluate the breeding material early (before flowering). To increase the efficiency of CPC breeding, the Polesye Institute of Plant Growing uses provocative backgrounds, which make it possible to multiply the volume of the initial evaluation of the breeding material and increase the efficiency of selecting elite plants with desired traits and properties. Some features of CPC selection are reported.*

*To select cold-resistant lines of corn and sugar sorghum, sowing of breeding material is carried out at the optimally early time (the second – third 10-day period of April for corn and the beginning of May for sorghum), and forms with indirect signs of cold resistance (various indicators) are selected for self-pollination. When forming hybrid populations, the use of sorghum group isolators with an area of 600 m<sup>2</sup> (approximately 12 thousand plants) makes it possible to involve a large number of genotypes in the population and avoid narrowing its genetic composition.*

*It has been established that at a plant density of 120 thousand pcs/ha, breeding material and maize hybrids are well differentiated on the basis of drought resistance. At the same time, the increased standing density makes it difficult to evaluate self-pollinated lines and carry out self-pollination work, and therefore this background is proposed to be used in competitive variety testing for additional evaluation.*

*The use of provocative backgrounds “late sowing dates” in the breeding of grain winter rye, in combination with selection after plants standing on the vine, made it possible to increase the baking qualities of the new breeding material and its tolerance to late sowing dates, which are common for the conditions of the Polesky region. Thanks to the repeated sowing of green-cut rye at a later date on permanent isolators, in combination with the selection for a high weight of 1000 seeds, hybrid populations were created with increased resistance to Fusarium root rot and active autumn development.*

*The effectiveness of the selected methods of CPC breeding at the Polesye Institute of Plant Growing is confirmed by a high assessment of the economic value of new varieties and hybrids in the state variety testing and their inclusion in the Register of Plant Varieties of the Republic of Belarus.*

**Key words:** *breeding methods, selections, assessment, cross-pollinated crops, corn, sorghum, winter rye.*

**Введение**

РНДУП «Полесский институт растениеводства» специализируется на селекции засухоустойчивых культур, приспособленных к произрастанию в условиях Полесского региона. В преобладающем большинстве – это перекрестноопыляемые культуры (далее – ПОК) – кукуруза, сорго, подсолнечник, люцерна, озимая рожь. При создании сортов и гибридов данных культур применяются методы как гетерозисной, так и популяционной селекции, с помощью которых реализуется главные цели – концентрирование в популяции максимального количества «положительных» генов (определяющих хозяйственно ценные признаки), или устранение из популяции нежелательных генов.

Селекция ПОК – весьма длительный процесс, предполагающий проведение многократных отборов элитных растений: гетерозиготных, полученных после свободного или направленного переопыления (концентрация положительных генов) и гомозиготных, полученных в процессе самоопыления (устранение нежелательных генов). Наибольшие методологические и практические сложности в селекции ПОК возникают на этапе проведения отборов, которые фактически начинаются уже на этапе начала цветения, т.к. направленное переопыление элитных растений, или выбраковка из популяции нежелательных фенотипов, – это уже отбор. Если в линейной селекции вопрос эффективности проведения отборов в ранних поколениях ( $F_1 - F_2$ ) всё ещё остаётся дискуссионным, то в селекции ПОК он проводится во всех селекционных питомниках, в том числе и в коллекционном.

От выбранной методики и объемов проведения работ по опылению и отбору зависит результативность селекционного процесса в целом. Главной задачей является точное определение генотипа по фенотипу ещё на ранних этапах развития растений, которое осуществляется по ряду признаков (в том числе маркерных): морфологических, (биометрических), реже биохимических и физиологических. Последние в селекционной работе оцениваются по реакции генотипов на стрессовые воздействия различной силы и продолжительности опять же по морфологическим признакам, либо по изменению биохимического состава.

В целом, методология оценки генотипов по фенотипу в настоящее время в мире получает большое развитие, разрабатывается специализированное оборудование (начиная от датчиков и видеокамер и заканчивая капитальными сооружениями), а также программные комплексы для анализа и интерпретации полученных результатов. В своей практической работе при селекции ПОК мы широко используем провокационные фоны, позволяющие многократно увеличить объемы исследуемого селекционного материала, упростить проведение оценки элитных растений и в итоге повысить эффективность проведения направленных отборов.

На провокационных фонах моделируется «критическая» ситуация (воздействие пониженных температур, недостаток влаги и др.), соответствующая основной цели селекционной программы (селекция «на холодостойкость», «на устойчивость к прорастанию зерна» и др.). Сочетание отборов на признаки устойчивости к стрессовым явлениям и на признаки продуктивности, а также проведение части отборов до цветения позволяет повышать результативность селекции – в относительно короткие сроки и при минимальных затратах трудовых и финансовых средств создавать конкурентоспособные сорта, линии и гибриды ПОК.

Несмотря на неплохое теоретическое обоснование экологической (адаптивной) селекции и необходимости проведения отборов на различных фонах [1–4], вопросы практического использования провокационных фонов в селекции ПОК изучены недостаточно. В современной научной литературе приводятся лишь единичные примеры использования провокационных фонов, крайне мало внимания уделяется отработке их параметров, не предлагаются новые оригинальные подходы к моделированию стрессовых условий, актуальных для того или иного региона. Даже существующее определение провокационного фона как «искусственно создаваемые условия для ускоренной оценки селекционного материала на устойчивость к тому или иному неблагоприятному фактору; применяется в селекции на иммунитет, засухоустойчивость, морозостойкость и т.д.» придают провокационному фону второстепенное значение – проведение дополнительной или ускоренной оценки.

Вместе с тем формирование гибридных популяций ПОК на провокационных фонах, где проводится не только оценка, но и пере- или самоопыление с получением семян нового поколения) следует рассматривать в качестве усовершенствованного метода селекции. В связи с этим некоторыми авторами приводятся другие наименования фонов (аналитический, селекционный, селективный), подразумевающих более значимую роль, которую имеет фон в селекционном процессе. Приведенные выше типы фонов несколько отличаются параметрами и методикой, но имеют одну общую цель – упростить процесс отбора. Поэтому все типы фонов, на которых проводится оценка селекционного материала, в данной статье мы называем провокационными.

В селекции ПОК необходимость всесторонней оценки исходного материала (линии, сорта и сортообразцы в коллекционном питомнике) на фоне различных экологических условий не вызывает сомнения. Для этих целей служит экологическое сортоиспытание. Но более значимым, на наш взгляд, является проведение отборов элитных растений в селекционных питомниках на конкретных провокационных фонах, которые создают необходимое давление отбора, способствуют выявлению скрытой изменчивости и позволяют существенно увеличить объемы выборки.

В настоящей статье представлены некоторые элементы методики и итоги практического использования провокационных фонов в селекции ПОК в условиях Полесского института растениеводства.

### **Основная часть**

Кукуруза. На первоначальном этапе главным направлением в селекции кукурузы в Республике Беларусь было создание раннеспелых гибридов и раннеспелых самоопыленных линий, семеноводство

которых возможно в наших условиях. Включение в гибридную формулу кремнистых линий помимо сокращения вегетационного периода до ФАО 180–220 повышало их холодостойкость, а зубовидные линии обеспечивали высокий потенциал продуктивности гибридов. Со временем была поставлена задача повышения холодостойкости и зубовидных линий.

Для отбора холодостойких генотипов посев селекционного материала проводится нами в оптимально ранние сроки (вторая – третья декада апреля). Для самоопыления отбираются формы, обладающие косвенными признаками холодостойкости: «интенсивный стартовый рост растений», «высокая интенсивность ростовых процессов и накопления вегетативной массы» (в сравнении с линиями-индикаторами соответствующей группы спелости), синхронность развития генеративных органов и др.

В 2019–2021 годах нами были проведены исследования по оценке эффективности использования провокационных фонов для отбора холодостойких форм. В опыте исследовались по 10 константных кремнистых и зубовидных линий различного генетического и географического происхождения, созданных в предыдущие годы, и отличающихся по признакам холодостойкости. Посев проводился в провокационный ранний срок (при температуре почвы на глубине заделки семян 5–7 °С) и в оптимальный срок – при температуре почвы на глубине заделки семян 10–12 °С (табл. 1).

Таблица 1. Варьирование признаков холодостойкости у самоопыленных линий кукурузы на провокационном фоне «сроки сева» (среднее 2019–2021 гг.)

Признак	Среднее		Варьирование, %		Интервал варьирования (min-max)	
	I срок*	II срок	I срок*	II срок	I срок*	II срок
Урожайность зерна, ц/га **	26,0	25,6	47,2	12,8	18,2...93,3	1,8...18,7
	33,1	35,6	45,7	43,5	14,5...77,5	3,5...76,9
Высота растений в фазе 3 листьев, см	19,4	7,3	67,7	31,5	14,3...9,6	3,0...44,4
	18,8	6,4	72,1	36,1	14,0...107,6	2,8...50,7
Интенсивность накопления сырой массы за период 3-12 листьев, г/сут x раст.	1,0	1,5	33,2	41,6	0,5...55,7	0,9...62,1
	1,1	1,5	29,0	35,9	0,4...41,9	0,7...48,2
Разрыв цветения початка от метелки, дней	-3,1	-3,3	-50,0	-38,7	-173...1,4	-88,6...-5,4
	-3,3	-3,7	-35,0	-96,8	-79,0...2,6	-67,3...1,9

Примечание: \* I срок – провокационный, пояснения в тексте; \*\* – в числителе приведены кремнистые формы, в знаменателе – зубовидные.

В результате исследований выяснилось, что урожайность зерна кремнистых самоопыленных линий мало зависит от сроков сева, а по зубовидным формам при раннем посеве снижается в среднем на 2,5 ц/га.

Однако, варьирование данного признака значительно увеличилось на провокационном фоне именно в блоке кремнистых линий, что позволило провести отборы по данному признаку. У зубовидных линий на обоих фонах возделывания варьирование признака было постоянно высоким (43,5–45,7 %).

Учитывая, что повышение холодостойкости в первую очередь актуально именно для зубовидных форм, признак урожайности зерна по данной форме является малоинформативным. Однако значительное повышение варьирования установлено по косвенным селекционным признакам, связанным с холодостойкостью – по высоте растений в фазе 3 листьев и по разрыву в цветении генеративных органов. Установлено, что новые самоопыленные линии БКР 105 (кремнистая), БКР 703 и БКР 715 (зубовидные) обладают наименьшим варьированием рассматриваемых признаков, в связи с чем они широко вовлечены в схемы создания гибридов. Другим актуальным направлением в адаптивной селекции кукурузы является повышение засухоустойчивости создаваемых гибридов. Для этих целей нами проводится углублённая оценка самоопыленных линий (в селекционных питомниках) и экспериментальных гибридов (в конкурсном сортоиспытании) в отдельные засушливые годы.

Вместе с тем в селекции «на засухоустойчивость» перспективно использование провокационного фона «повышенная густота стояния растений». В районах с высокой влагообеспеченностью или при проведении орошения, данный фон рассматривается как элемент селекции «на интенсификацию», позволяющую повысить продуктивность посева за счет плотности посева и общей биомассы. В условиях Полесского региона повышенная густота стояния растений создаёт высокий расход почвенной влаги, в результате чего растения оказываются в стрессовом состоянии от влияния почвенной и воздушной засухи в более ранний период.

В результате наших исследований установлено, что при густоте стояния растений 120 тыс. шт/га хорошо дифференцируется селекционный материал и гибриды по признакам засухоустойчивости. Вместе с тем повышенная густота стояния растений затрудняет оценку самоопыленных линий и проведение работ по самоопылению. Данный фон мы предлагаем использовать только в конкурсном сортоиспытании гибридов для проведения дополнительной оценки на засухоустойчивость.

По результатам селекционной работы в 2022–2023 годах в Государственный реестр сортов Республики Беларусь включены 4 новых гибрида кукурузы новой формации, отличающиеся высоким адаптивным потенциалом и устойчивостью к неблагоприятным условиям окружающей среды.

Сорго сахарное. Работы по селекции сорго сахарного в Полесском институте растениеводства начаты сравнительно недавно – с 2008 года, полная схема селекционного процесса развернута в 2013 году. При создании сортов данной культуры основной акцент делался на обеспечение стабильного получения качественных семян, что возможно за счет сочетания в сорте признаков раннеспелости и холодостойкости. При создании холодостойкого селекционного материала сорго сахарного, как и при селекции кукурузы, посев проводился в оптимально ранние сроки – в начале мая. Более ранний посев такой теплолюбивой культуры, как сорго, связан с рисками повреждения возвратными заморозками и с длительным стрессовым эффектом на фазе прорастания семян. В таких случаях вероятность отбора высокоурожайных генотипов резко снижается.

Сложная гибридная популяция, полученная в результате объединения лучших семей сортов *Зерноградский, Янтарь, Северное и Дебют*, отобранных по признакам скороспелости, продуктивности и технологичности, высевалась для свободного переопыления на изоляторе площадью 600 м<sup>2</sup> (ориентировочно 12 тыс. растений). В период от всходов до цветения проводился негативный отбор (выбраковка составила не менее 50–70 % образцов), причем наибольшее внимание уделялось выбраковке слаборазвитых раннеспелых фенотипов. Ограничение переопыления позднеспелых фенотипов не ставилось главной задачей, т.к. они легко дифференцировались в период уборки и не отбирались.

Во время уборки отбиралось не менее 150 элитных растений по признакам семенной и кормовой продуктивности, устойчивости к полеганию, и другим морфологическим признакам. По результатам лабораторного отбора (семенная продуктивность, масса 1000 зерен) отбраковывалось ещё не менее половины элитных растений. В результате формировалась новая популяция, состоящая из 50–75 семей.

По данной схеме было проведено 3 повторных отбора. Таким образом, применение провокационного фона «ранние сроки сева» следует рассматривать в качестве главного метода селекции, позволившем провести отбор холодостойких раннеспелых форм в сравнительно большой гибридной популяции, сохранив ее гетерогенность и повысив вероятность отбора ценных форм. В результате был создан первый отечественный сорт сорго сахарного *Яхонт*, обладающий урожайностью сухого вещества на уровне 150–170 ц/га. В конкурсном сортоиспытании сорт *Яхонт* достоверно превзошёл по урожайности сухого вещества контрольный сорт *Порумбень 4* на 7,2–12,4 %. Однако более важными характеристиками сорта являются его скороспелость и возможность получения семян. Так, за годы сортоиспытания уборочная влажность зерна в среднем составила 25,7 % (-5 % к контролю), масса 1000 семян 22,4 г (+4,0 г к контролю). По результатам государственного сортоиспытания сорт *Яхонт* включен в Государственный реестр сортов Республики Беларусь с 2023 года.

В табл. 2 представлена потенциальная продуктивность отечественного сорта сорго сахарного *Яхонт* в зависимости от сроков сева. Заметно, что благодаря своей скороспелости сорт *Яхонт* обладает более высоким содержанием сухого вещества в зеленой массе, что способствует получению силоса хорошего качества даже при посеве в поздние сроки (18 мая), тогда как получение силоса из сорта *Порумбень-4* будет проблематично даже при первом сроке сева. Заметно, что по мере опоздания со сроками сева не только потенциал продуктивности, но и динамика снижения урожая сухого вещества у сорта *Яхонт* являются более плавными, что связано с его повышенной холодостойкостью – как в весенний, так и в осенний периоды.

Таблица 2. Динамика снижения кормовой продуктивности и качества силосной массы сорго сахарного при опоздании со сроками сева (среднее за 2016–2018 гг.)

Срок сева	Сорт <i>Порумбень-4</i>			Сорт <i>Яхонт</i>		
	содержание сухого вещества, %	урожайность сухого вещества, ц/га	динамика снижения, % к I сроку	содержание сухого вещества, %	урожайность сухого вещества, ц/га	динамика снижения, % к I сроку
2 мая	25,0	147,8	100	27,3	166,2	100,0
11 мая	23,3	134,2	90,8	26,8	158,1	95,1
18 мая	21,8	120,1	81,2	25,7	151,6	91,2
25 мая	20,2	101,5	68,7	23,9	123,1	74,1
НСР <sub>05</sub> срок сева		9,6				
сорт		7,1				

У раннеспелых гибридов кукурузы зернового направления в осенний период важно обеспечить, главным образом, перераспределение питательных веществ в растении и быстрый налив зерна. Холодостойкие позднеспелые формы сорго сахарного в осенний период ассимилируют пластические вещества и накапливают их в форме сахаров в стебле. Определение содержания сахаров в растительном соке сорго можно выполнять простыми способами (рефрактометрия, сухая химия) даже в полевых условиях и отбирать холодостойкие генотипы по маркерному признаку «содержание сахара в растительном соке».

Холодостойкие скороспелые формы, напротив, отличаются низким содержанием сахаров в стебле, т.к. направляют питательные вещества в формирующееся зерно. Чем выше семенная продуктивность растений – тем ниже будет содержание сахаров в стебле. Для выращивания сорго сахарного на кормовые цели высокое содержание сахаров не требуется, важно получить высокий урожай сухого вещества (листочестельная масса + зерно). Поэтому при отборе высокопродуктивных холодостойких форм сорго сахарного на кормовые цели следует использовать систему селекционных признаков: «содержание

сахара в соке», «сухой вес растения», «сухой вес зерна». Параметры данных признаков определяются принятой моделью сорта в селекционной программе.

Озимая рожь хлебопекарная. Проблема оптимальных предшественников озимых зерновых культур в нашей республике стоит довольно остро. В южной части республики, характеризующейся высокой долей кукурузы в структуре посевных площадей, озимую рожь высевают после уборки кукурузы в довольно поздние сроки – в первой декаде октября. В период 2005–2014 гг. в НПЦ по земледелию и Полесском институте растениеводства была реализована специальная селекционная программа по созданию сорта озимой ржи хлебопекарного назначения, толерантного к поздним срокам сева.

В своих исследованиях нами использовался разработанный ранее метод сложных гибридных популяций, последние были сформированы по показателю «числа падения». Селекционная работа проводилась в два этапа (I – создание гетерозиготной синтетической популяции; II – отбор однотипных семей) и базировалась на одновременном применении двух провокационных фонов: «перестой на корню в течение 3 недель после наступления фазы полной спелости семян» и «посев в поздние сроки сева» (ежегодно 4–6 октября). Работа велась по 4 популяциям диплоидной ржи и по двум популяциям тетраплоидной ржи.

Применение указанных фонов позволило повысить эффективность отборов по признакам «устойчивость к прорастанию зерна на корню», «толерантность к ломкости стеблей и полеганию», «активное осеннее развитие». За годы исследований было проведено 3 повторных отбора на признаки качества и продуктивности и 3 повторных отбора на однотипность, включающие негативный отбор до цветения, полевой отбор по элементам продуктивности и технологичности, лабораторный отбор по качеству зерна.

За годы государственного сортоиспытания по своей продуктивности новый диплоидный сорт *Дзива* превзошел контрольный сорт *Офелия* на сортоучастках Витебской, Минской и Могилевской областей, где районирован с 2021 года. Показатель «числа падения» зерна сорта *Дзива* ежегодно превышал контрольный сорт на 23–30 с или в среднем на 13 %, а в 2018 году, характеризующемся избыточным выпадением осадков в период уборки, различия составили 17 %.

Озимая рожь зеленоуксная. Зеленоуксные сорта озимой ржи отличаются высокой устойчивостью к поражению бурой ржавчиной. При этом они более восприимчивы к корневым гнилям, в том числе фузариозным. Одним из основных недостатков зеленоуксных сортов в существующей системе кормопроизводства является их слабое осеннее развитие и необходимость проведения посева во второй половине августа. Активное осеннее развитие растений озимой тесно коррелирует с массой 1000 зерен. И в этом направлении у мелкосемянных зеленоуксных сортов есть большой «запас развития». Однако, прямой отбор по данному признаку малоэффективен, т.к. он отрицательно коррелирует с кормовой продуктивностью, в связи с чем может использоваться на завершающем этапе только в комплексе с другими селекционными признаками.

При селекции сорта зеленоуксной озимой ржи *Укосная* (районирован по республике с 2012 года) мы ориентировались на оптимально поздние сроки сева – начало сентября. Кроме того, формирование популяции (3 цикла отбора) ежегодно проводилось на одном и том же групповом изоляторе, который служил естественным инфекционным фоном для развития корневых гнилей.

Негативный отбор до цветения предполагал удаление низкопродуктивных растений (малая кустистость, малая облиственность, небольшая высота растений). В период уборки отбирались наиболее продуктивные и устойчивые к полеганию растения, и только по результатам лабораторного анализа отбирались образцы, сочетающие высокую кормовую продуктивность с большой массой 1000 зерен и оптимальной зерновой продуктивностью. В результате для нового цикла отбора сформировалась высокопродуктивная популяция, обладающая повышенной массой 1000 зерен и потенциалом активного осеннего развития.

За годы государственного сортоиспытания (2009–2011 гг.) сорт *Укосная* обеспечил среднюю урожайность сухого вещества 82,5 ц/га, при этом средняя масса 1000 зерен составила 25,8 г. Данный показатель у старого белорусского сорта *Заречанская зеленоуксная* никогда не превышал 22 г.

### **Заключение**

Таким образом, в селекции ПОК провокационный фон следует рассматривать как один из главных элементов селекционного процесса, влияющих на результативность селекционной работы. Главным условием эффективного его использования является определение главного стрессового параметра, лимитирующего урожайность культуры, определение «мягких» параметров фона для предотвращения высокого давления отбора, комплексное использование нескольких провокационных фонов в сочетании с другими селекционными тестами.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Драгавцев, В. А. Теория селекционной идентификации генотипов растений по фенотипам на ранних этапах селекции / В. А. Драгавцев, А. Б. Дьяков // Генетика популяций. – Москва: Наука, 1982, С. 30–37.
2. Кильчевский, А. В. Генотип и среда в селекции растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск, 1989. – 191 с.
3. Коваль, С. Ф. Комплексный отбор ценных генотипов на провокационном фоне у самоопыляющихся культур // С.-х. биология. 1985. – № 3. – С. 3–13.
4. Жученко, А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В трех томах / А. А. Жученко. – М.: Изд-во Агрорус, 2009. Том 2. – 1104 с.

## ИЗУЧЕНИЕ АРЕССИВНОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ ОВСА И ИХ КОНКУРЕНТНЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ

О. В. МЯДЕЛЬ, С. П. ХАЛЕЦКИЙ

РВП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»  
г. Жодино, Республика Беларусь, e-mail: oskinder@yandex.ru

(Поступила в редакцию 24.03.2023)

В статье представлены результаты изучения возбудителей коневой гнили (*Fusarium culmorum*, *Fusarium avenaceum*, *Bipolaris sorokiniana*), их патогенез, агрессивность на стадии проростков овса, а также конкурентные взаимоотношения. Корневая гниль ежегодно диагностируются в посевах овса как на семенах, так и на корневой системе растений. Преимущественно это фузариозная (*Fusarium spp*) и гельминтоспориозная (*Bipolaris sorokiniana*) гниль. Исследования проводились на шести сортах овса: Мирт, Лидия, Скорпион, Фристайл, Шанс и Реверанс.

Установлено, что оптимальной температурой для заражения семян овса возбудителями коневой гнили является 22–24 °С с продолжительностью инокуляции в суспензии спор для *Fusarium culmorum* не менее 8 часов, для *Fusarium avenaceum* и *Bipolaris sorokiniana* – 15 часов. Возбудители коневой гнили негативно влияли на всхожесть семян и линейный рост растений. Патоген *F. culmorum* проявил высокую агрессивность, как в чистом виде, так и в смеси с *B. sorokiniana*, развитие болезни составило 64,1 и 53,1 % соответственно. При этом снизилась всхожесть семян на 8,2 и 8,3 %, линейный рост проростков на 32,0 и 41,6 % и корней на 39,9 и 40,0 %. Все изучаемые виды патогенов находились в конкурентных взаимоотношениях. В связи с высокой скоростью роста колоний *F. culmorum* сильнее подавлял другие виды патогенов. Поэтому для создания полевых инфекционных фонов коневых гнилей целесообразно использовать *F. culmorum* как в чистом виде так в смеси с *B. sorokiniana*.

**Ключевые слова:** овёс, коневая гниль, патогенность, агрессивность, конкурентные взаимоотношения.

The article presents the results of studying the pathogens of root rot (*Fusarium culmorum*, *Fusarium avenaceum*, *Bipolaris sorokiniana*), their pathogenesis, aggressiveness at the stage of oat seedlings, as well as competitive relationships. Root rot is annually diagnosed in oat crops both on seeds and on the root system of plants. This is mainly fusarium (*Fusarium spp*) and helminthosporium (*Bipolaris sorokiniana*) rot. The research was carried out on six varieties of oats: Mirt, Lydia, Scorpion, Freestyle, Chance and Reveranse.

It has been established that the optimal temperature for infecting oat seeds with root rot pathogens is 22–24 °C with the duration of inoculation in spore suspension for *Fusarium culmorum* at least 8 hours, for *Fusarium avenaceum* and *Bipolaris sorokiniana* – 15 hours. Root rot pathogens negatively affected seed germination and linear plant growth. The pathogen *F. culmorum* showed high aggressiveness, both in its pure form and in a mixture with *B. sorokiniana*, the development of the disease was 64.1 and 53.1 %, respectively. At the same time, the germination of seeds decreased by 8.2 and 8.3 %, the linear growth of seedlings by 32.0 and 41.6 % and roots by 39.9 and 40.0 %. All studied types of pathogens were in competitive relationships. Due to the high growth rate of colonies, *F. culmorum* suppressed other types of pathogens more strongly. Therefore, to create field infectious backgrounds for root rot, it is advisable to use *F. culmorum* both in its pure form and in a mixture with *B. sorokiniana*.

**Key words:** oats, root rot, pathogenicity, aggressiveness, competitive relationships.

### Введение

Корневая гниль – одно из наиболее вредоносных заболеваний зерновых культур в условиях Беларуси. Поражение растений вызывает комплекс патогенов, среди которых на озимых зерновых развиваются преимущественно грибы рода *Fusarium spp.*, а на яровых – *Fusarium spp.* и *Bipolaris sorokiniana*. Инфекция сохраняется в почве, на растительных остатках и семенах. Растения поражаются на протяжении всего периода вегетации. При отсутствии защитных мероприятий, посев инфицированными семенами приводит к снижению их всхожести, коневые гнили к уборке могут разрушить коневую систему, инфекция распространяется на зерно, снижается урожайность и ухудшается качество продукции [1, с. 10]. Среди яровых зерновых культур овес считается более устойчивым к этой болезни, однако наши исследования показывают, что возбудители коневой гнили ежегодно присутствуют в посевах овса, как на коневой системе, так и на семенах.

Важное место в снижении вредоносности заболевания коневой гнилью занимает создание сортов толерантных к комплексу возбудителей их вызывающих. При этом в селекционном процессе необходима поэтапная оценка образцов овса к этой болезни на инфекционном фоне, что дает возможность оценивать материал ежегодно, независимо от складывающихся погодных условий.

Созданию инфекционного фона должны предшествовать исследования по изучению видового состава возбудителей болезни, их агрессивности. Немаловажное значение имеют конкурентные взаимоотношения патогенов, поскольку в патогенезе, как правило, участвует несколько видов возбудителей, что влияет на эффективность работы инфекционного фона [2].

В связи вышеизложенным актуальным является изучение агрессивности возбудителей корневой гнили на стадии проростков растений овса и определение их конкурентных взаимоотношений, а также выделение наиболее агрессивных патогенов для создания инфекционного фона.

### Основная часть

Исследования проводились в лаборатории иммунитета РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Сбор инфекционного материала осуществлялся в полях севооборота центра, а также при маршрутном обследовании посевов овса в период 2021–2022 гг. [3]. Видовой состав возбудителей был представлен в основном грибами рода *Fusarium Link*. Наиболее часто встречаемые – *F. culmorum* и *F. avenaceum*, единичные случаи – *F. oxysporum*, *F. graminearum*. Чаще из семян, реже с корней был выделен *Bipolaris sorokiniana*, повсеместно присутствовали *Alternaria* и другие сапротрофы.

Чистые культуры возбудителей выделялись из пораженных корней и семян овса во влажной камере, а размножение и возобновление инфекции проводилось на питательной среде КГА (картофельно-глюкозный агар). Исследования проводились в лабораторных условиях на 6 сортах овса: Мирт, Лидия, Скорпион, Фристайл, Шанс и Реверанс. Возбудители корневой гнили – *F. culmorum*, *F. avenaceum* и *B. sorokiniana* [4]. Для инокуляции семян готовилась суспензия с плотностью инокулюма не менее  $5 \times 10^6$  спор в 1 мл раствора для грибов рода *Fusarium spp.*, а для *B. sorokiniana* –  $2 \times 10^4$  [5, с. 114, 6, с. 93]. Семенной материал помещался в марлевые мешочки, которые полностью погружались в суспензию спор, где они выдерживались при температуре 22–24 °С от 8 до 15 часов в термостате. После этого семена извлекались и высушивались до сыпучего состояния. Дальнейшие исследования проводились методом рулонов, согласно ГОСТ (1996 г.) [7, с. 18]. На 7-й день определяли всхожесть семян, развитие болезни, линейный рост корней и проростков. Учет развития на проростках проводили по 5-балльной шкале [8, с. 36].

При изучении конкурентных взаимоотношений между возбудителями корневой гнили использовались их чистые культуры. Исследования проводились в чашках Петри путем посева 2 культур патогенов в одну чашку на расстоянии 2 см, контролем служили эти же изоляты патогенов, высеянные в чистом виде. Измерения диаметра колоний осуществлялись на 3, 5 и 7-е сутки после посева. Если колонии имели неправильную форму, то проводили не менее 4 замеров и использовали среднюю величину, затем рассчитывали площадь колонии гриба.

При проведении лабораторных исследований патогенности возбудителей корневых гнилей определяли необходимый температурный оптимум и время экспозиции семян овса в споровой суспензии. Следует отметить, что качество заражения имеет значение для проявления признаков поражения и влияет на ростовые характеристики проростков. Так, при недостаточной продолжительности экспозиции инфицированность была слабая, а при избыточной отсутствовала дифференциация показателей по сортам и вариантам. Установлено, что оптимальной экспозицией для инокуляции семян овса в споровой суспензии для *F. culmorum* является не менее 8 часов, для *F. avenaceum* и *B. sorokiniana* – 15 часов при оптимальной температуре 22–24 °С (табл. 1).

Таблица 1. Влияние инокуляции семян возбудителями корневой гнили на лабораторную всхожесть и инфицированность проростков овса

Вариант	Лабораторная всхожесть, %					Развитие болезни, %				
						экспозиция (часы)				
	3	5	8	15	24	3	8	15	24	
<i>Fusarium culmorum</i>	91,0	89,0	87,0	79,0	74,0	76,8	77,5	79,5	79,5	100,0
<i>Fusarium avenaceum</i>	97,0	97,0	97,0	97,0	88,0	19,0	25,8	31,3	39,0	46,5
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	98,0	98,0	97,0	95,0	92,0	7,8	11,3	23,3	32,3	33,0

Выявлено, что возбудители корневой гнили негативно повлияли на лабораторную всхожесть семян овса и поражение проростков (табл. 2). Лабораторная всхожесть в контрольных вариантах составила 98,0 %, которая при определении разницы влияния исследуемых возбудителей на всхожесть семян была принята за 100,0 %. Всхожесть в среднем по всем сортам снизилась на 3,0–8,3 %. Возбудитель *F. culmorum* как в чистом виде, так и в смеси с *B. sorokiniana* снизил всхожесть семян на 8,2 и 8,3 % соответственно, *F. avenaceum* на 5,3 %. Возбудитель гельминтоспориоза (*B. sorokiniana*) был менее агрессивным, снижение всхожести семян составило 3,0 %. Растения изучаемых сортов слабо отреагировали на эту инфекцию, где в среднем развитие болезни составило 9,7 %. Высокую агрессивность проявил *F. culmorum*, развитие болезни достигало 64,1 %. В варианте со смесью возбудителей *F. culmorum*+*B. sorokiniana* развитие корневой гнили было также высоким и составило 53,2 %. Однако, несмотря на то, что *B. sorokiniana* является менее агрессивным возбудителем, он все же снижает агрессивность *F. culmorum*, поскольку при инокуляции растений смесью патогенов развитие болезни было

на 10,9 % ниже, что указывает на конкурентные взаимоотношения между возбудителями [6]. Умеренную агрессивность проявил *F. avenaceum*, развитие болезни в среднем по сортам составляло 25,7 %.

Таблица 2. Влияние возбудителей корневой гнили на лабораторную всхожесть и поражение корневой системы овса

Сорт	Вариант				среднее по сорту
	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>F. culmorum</i> + <i>B. sorokiniana</i>	
лабораторная всхожесть, %					
Мирт	97,0	100	96,0	95,0	97,0
Лидия	88,0	93,0	92,0	91,0	91,0
Скорпион	92,0	96,0	99,0	97,0	94,8
Фристайл	97,0	95,0	95,0	92,0	95,0
Шанс	83,0	88,0	99,0	81,0	82,5
Реверанс	94,0	96,0	97,0	94,0	95,3
Среднее	91,8	94,7	97,0	91,7	—
развитие болезни, %					
Мирт	62,5	28,8	7,3	50,3	37,2
Лидия	78,5	24,3	10,5	64,8	44,5
Скорпион	54,5	23,5	8,3	46,3	33,1
Фристайл	69,0	26,5	10,8	59,5	41,5
Шанс	62,0	33,3	11,8	55,8	40,7
Реверанс	58,3	18,0	5,3	42,5	31,0
Среднее	64,1	25,7	9,7	53,2	—

Инокуляция вышеуказанных возбудителей семенного материала различных сортов овса снизила линейный рост проростков и корней. Сильнее других проявилась агрессивность смешанной инфекции *F. culmorum*+*B.sorokiniana*, в среднем по всем сортам длина проростка уменьшилась на 41,6 %. Заражение семян возбудителем *F. culmorum* привело к снижению длины проростков на 32,0 % в среднем по всем сортам. Меньше всех угнетал проростки возбудитель гельминтоспориоза, в среднем на 16,0 %. Смешанная инфекция и *F. culmorum* в чистом виде уменьшили длину корней в среднем по сортам на 40,0 и 39,9 % соответственно. Слабую агрессивность проявили *B. sorokiniana* и *F. avenaceum*, уменьшение длины составило на 14,1 и 17,2 % соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Влияние возбудителей корневой гнили на линейный рост проростков овса при инокуляции чистой и смешанной инфекцией

Сорт	Вариант										среднее по сорту		
	контроль	<i>Fusarium culmorum</i>		<i>Fusarium avenaceum</i>		<i>Bipolaris sorokiniana</i>		<i>F.culmorum</i> + <i>B.sorokiniana</i>					
	длина надземной части растения												
	см	см	%	см	%	см	%	см	%	см	%	см	%
Мирт	14,9	12,6	-15,4	12,9	-13,4	13,1	-12,1	10,1	-32,2	12,2	-18,1		
Лидия	16,0	9,6	-40,0	12,6	-21,3	12,5	-21,9	8,1	-49,4	10,7	-33,1		
Скорпион	14,1	7,8	-44,7	11,3	-19,9	12,3	-12,8	7,2	-48,9	9,7	-31,2		
Фристайл	16,4	11,4	-30,5	13,7	-16,5	14,6	-11,0	8,8	-46,3	12,1	-26,2		
Шанс	14,8	10,2	-31,1	11,0	-25,7	10,8	-27,0	10,7	-27,7	10,7	-27,7		
Реверанс	14,7	10,2	-30,6	12,3	-16,3	13,0	-11,6	8,1	-44,9	10,9	-25,9		
Среднее	15,2	10,3	-32,0	12,3	-18,8	12,7	-16,0	8,8	-41,6				
длина корней растения													
Мирт	12,9	9,1	-29,5	11,4	-11,6	10,8	-16,3	8,5	-34,1	10,0	-22,5		
Лидия	13,6	8,0	-41,2	10,7	-21,3	12,2	-10,3	6,7	-50,7	9,4	-30,9		
Скорпион	14,5	7,4	-49,0	12,1	-16,6	13,2	-9,0	7,2	-50,3	10,0	-31,0		
Фристайл	14,0	8,7	-37,9	11,4	-18,6	12,6	-10,0	7,4	-47,1	10,0	-28,6		
Шанс	14,4	9,0	-37,5	10,8	-25,0	10,5	-27,1	12,0	-16,7	10,6	-26,4		
Реверанс	14,8	8,2	-44,6	13,3	-10,1	13,0	-12,2	8,7	-41,2	10,8	-27,0		
Среднее	14,0	8,4	-39,9	11,6	-17,2	12,1	-14,1	8,4	-40,0				

На основании проведенных исследований установлено, что самая высокая агрессивность наблюдается при инокуляции семян возбудителем *F. culmorum* как в чистом виде, так и в смеси с *B. sorokiniana*.

При выделении чистых культур возбудителей корневой гнили овса выявлены случаи присутствия на пораженных корнях, реже на семенах, одновременно 2 патогенов. В этой связи необходимо было установить, какие складываются между ними отношения. Это необходимо учитывать при наработке инфекции для создания инфекционного фона, т. е. какие виды возбудителей корневой гнили целесообразно вносить в почву, чистые или смешанные культуры грибов. Данные исследований показывают, что скорость роста колоний изучаемых видов патогенов различается (табл. 4).

Таблица 4. Особенности культурального роста и конкурентных взаимоотношений чистых культур возбудителей корневой гнили овса в лабораторных условиях

Вариант	Площадь колоний					
	3-е сутки		5-е сутки		7-е сутки	
	см <sup>2</sup>	%	см <sup>2</sup>	%	см <sup>2</sup>	%
<i>F. culmorum</i>	24,2	100,0	63,6	100,0	63,6	100,0
<i>F. avenaceum</i>	9,3	100,0	44,2	100,0	63,6	100,0
<i>B. sorokiniana</i>	3,1	100,0	5,9	100,0	8,5	100,0
<i>F. culmorum</i> + <i>F. avenaceum</i>	14,5	-40,0	44,7	-29,7	63,6	0,0
	4,1	-55,9	17,0	-61,5	22,1	-65,3
<i>F. culmorum</i> + <i>B. sorokiniana</i>	10,7	-55,8	41,8	-34,3	63,6	0,0
	1,7	-45,2	2,3	-61,0	3,1	-63,5
<i>F. avenaceum</i> + <i>B. sorokiniana</i>	5,1	-45,2	20,4	-53,8	35,7	-43,9
	2,7	-12,9	4,9	-16,9	6,4	-24,7

Наиболее быстрорастущим возбудителем корневой гнили овса был *F. culmorum*, на 3-е сутки после посева площадь его колонии в чашке Петри составила 24,2 см<sup>2</sup>, а на 5-е сутки он занял максимально возможную площадь, 63,6 см<sup>2</sup> (100,0 %). Вид *F. avenaceum* уступил по скорости роста, на 3-е сутки размер колонии составил 9,3 см<sup>2</sup>, на 5-е – 44,2 см<sup>2</sup> и только на 7-е сутки достиг максимума – 63,6 см<sup>2</sup>. Медленнее всех распространялся возбудитель гельминтоспориоза (*B. sorokiniana*), на 3-е сутки площадь колонии составляла 3,1 см<sup>2</sup>, 5-е – 5,9 и 7-е – 8,5 см<sup>2</sup> соответственно.

Установлено, что при совместном посеве 2 культур грибов все они в той или иной степени конкурируют между собой. Так, даже у самого быстро растущего патогена *F. culmorum*, в смеси с другими патогенами на 3-е сутки размер колонии в сравнении с колонией без конкурента уменьшился на 40,1 %, на 5-е – на 29,7 % и только на 7-е сутки заполнил всю чашку Петри. Вследствие своего быстрого роста он подавлял развитие *F. avenaceum*, рост которого замедлился на 3-е сутки на 55,9 %, на 5-е на 61,6 % и на 7-е на 65,3 %. Аналогичные результаты получены при совместном культивировании *F. culmorum*+*B. sorokiniana* и *F. avenaceum*+*B. sorokiniana*. Ингибирование роста в последнем случае наблюдалось на протяжении 7 суток после посева, однако не так контрастно, как в предыдущих вариантах опыта. Следует отметить, что колония *F. culmorum* на 7-е сутки разрасталась поверх колоний других возбудителей.

Таким образом, все изучаемые виды патогенов корневой гнили находятся в конкурентных взаимоотношениях. Однако, из-за высокой скорости роста колоний *F. culmorum* активнее других подавляет другие виды патогенов.

#### Заключение

Оптимальной температурой для заражения семян овса является 22–24 °С с продолжительностью инокуляции в суспензии спор для *F. culmorum* не менее 8 часов, для *F. avenaceum* и *B. sorokiniana* – 15 часов.

Возбудитель *F. culmorum* обладает высокой агрессивностью, как в чистом виде, так и в смеси с *B. sorokiniana*, способен эффективно снижать как всхожесть семян, так и линейный рост проростков.

Изучаемые виды патогенов корневой гнили (*F. culmorum*, *F. avenaceum*, *B. sorokiniana*) находятся в конкурентных взаимоотношениях. В связи с высокой скоростью роста *F. culmorum* сильнее других подавлял другие виды патогенов.

Поэтому для создания полевых инфекционных фонов корневых гнилей целесообразно использовать *F. culmorum* как в чистом виде так в смеси с *B. sorokiniana*.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Диагностика основных грибных болезней хлебных злаков / Т. И. Ишкова [и др.]. – 3-е изд., испр. – СПб.: ВИЗР, 2008. – 76 с.
2. Создание инфекционных фонов с учетом конкурентных взаимоотношений патогенов зерновых культур и бобовых трав. / Г. В. Будевич [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2013. – №1. – С. 36–38.
3. Результаты изучения видового и расового состава доминирующего комплекса фитопатогенов в Республике Беларусь / М. В. Подорский [и др.] // Молодежь в науке – 2019: тезисы докладов XVI Международной научной конференции молодых ученых, Минск, 14–17 октября 2019г. / Нац. акад. Наук Беларуси; редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2019. – С. 74–75.
4. Мядель, О. В. Лабораторный метод оценки агрессивности возбудителей корневых гнилей овса / О. В. Мядель // Стратегия, приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси: мат. междунар. научно-практ. конф., посвящ. 95-летию Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – С. 47–50.
5. Шкаликов, В. А. Иммуитет растений / В. А. Шкаликов. – Москва: «КолосС», 2005. – 190 с.
6. Радченко, Е. Е. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: методическое пособие / Е. Е. Радченко. – Москва: Россельхозакадемия, 2008. – 417 с.
7. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями: ГОСТ 12044-93. – Введ.01.01.1996. – Минск: Государственный Комитет по стандартизации Республики Беларусь: Белстандарт, 1995. – 87 с.
8. Фитопатологическая экспертиза семян полевых культур (диагностика возбудителей, эффективность препаратов для предпосевной обработки семян): методические рекомендации / Г. В. Будевич [и др.]; РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ «Минфина, 2022. – 52 с.

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛИСИТОРНОГО ПРЕПАРАТА ИММУНАКТ-ГК, ВСК ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТЕПЛИЧНЫХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Д. В. ВОЙТКА, Е. Н. ЯНКОВСКАЯ, М. В. ФЕДОРОВИЧ

РУП «Институт защиты растений»,  
аг. Прилуки, Республика Беларусь, 223011

Л. Ф. КАБАШНИКОВА

ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь, 220072

(Поступила в редакцию 24.03.2023)

*Использование возможностей повышения устойчивости растений посредством использования модуляторов иммунного ответа (элиситоров) является новым перспективным подходом в регуляции роста и интегрированной защите растений от фитопатогенов. В производственных условиях овощеводческих хозяйств Брестской, Гродненской и Минской областей, согласно общепринятым методическим требованиям, проведена экспериментальная оценка влияния элиситорного препарата Иммунакт-ГК, ВСК на основе  $\beta$ -1,3-глюкана, 0,5 % на развитие и фитопатологический статус растений томата и огурца, выращиваемых в условиях защищенного грунта. Исследования проводили по общей схеме, предполагавшей использование в качестве варианта сравнения регулятора роста Экосил, ВЭ (тритерпеновые кислоты, 50 г/л), в качестве контрольного варианта – растения без обработки. В результате проведения исследований на культуре томата выявлено стимулирующее действие препарата (2,0 % р.ж.): ускорение роста, увеличение средней массы плодов и повышение урожайности растений на 7,1–7,8 %. Элиситорное действие Иммунакта-ГК, ВСК при применении на культуре огурца проявлялось в виде стимулирующего и фитозащитного эффекта: уменьшении количества сброшенных завязей, увеличении скорости роста, урожайности (до 7,3 %), снижении поражаемости мучнистой росой с достижением биологической эффективности 53,0 %. Результаты оценки эффективности препарата Иммунакт-ГК, ВСК показали наличие ростостимулирующего действия препарата, а также защитного эффекта за счет повышения устойчивости к возбудителю мучнистой росой (*Erysiphe cichoracearum* DC), что способствовало снижению распространенности и развития болезни.*

*Подтверждена целесообразность включения препарата Иммунакт-ГК, ВСК в ассортимент экологически безопасных средств, используемых в технологиях выращивания тепличных овощных культур.*

**Ключевые слова:** элиситор,  $\beta$ -1,3-глюкан, томат, огурец, мучнистая роса, защищенный грунт.

*Using the possibilities of increasing plant resistance through the use of immune response modulators (elicitors) is a new promising approach in growth regulation and integrated plant protection against phytopathogens. In the production conditions of vegetable farms in the Brest, Grodno and Minsk regions, according to generally accepted methodological requirements, an experimental assessment of the effect of the elicitor preparation Immunakt-GK, water suspension concentrate based on  $\beta$ -1,3-glucan, 0.5 % on the development and phytopathological status of tomato and cucumber plants, grown in protected ground conditions. The studies were carried out according to the general scheme, which assumed the use of the growth regulator Ecosil, water emulsion (triterpene acids, 50 g/l) as a comparison variant, and plants without treatment as a control variant. As a result of research on a tomato crop, a stimulating effect of the drug (2.0 % WS) was revealed: growth acceleration, an increase in the average weight of fruits and an increase in plant yield by 7.1–7.8 %. The elicitor effect of Immunakt-GK, WSC, when applied to cucumber crop, manifested itself in the form of a stimulating and phytoprotective effect: a decrease in the number of discarded ovaries, an increase in growth rate, yield (up to 7.3 %), a decrease in the susceptibility to powdery mildew with a biological efficiency of 53.0 %. The results of evaluating the effectiveness of the drug Immunakt-GK, WSC showed the presence of a growth-stimulating effect of the drug, as well as a protective effect due to increased resistance to the powdery mildew pathogen (*Erysiphe cichoracearum* DC), which contributed to a decrease in the spread and development of the disease.*

*The expediency of including the preparation Immunakt-GK, WSC in the range of environmentally friendly products used in the technologies of growing greenhouse vegetable crops has been confirmed.*

**Key words:** elicitor,  $\beta$ -1,3-glucan, tomato, cucumber, powdery mildew, protected ground.

### Введение

Использование возможностей повышения устойчивости растений путем влияния на реакции иммунного ответа является новым подходом интегрированной защиты растений от фитопатогенов. В отличие от фунгицидов элиситоры (модуляторы иммунного ответа) не вызывают резистентности у возбудителей болезней, являются значимыми факторами профилактики [1–3]. Предобработка (прайминг) растений элиситорами индуцирует быструю иммунную реакцию растения на последующую атаку патогенов [4]. Кроме того, известно, что некоторые из препаратов элиситорного типа обладают непосредственно антифунгальной активностью [5].

Одними из эффективных иммуномодулирующих агентов являются  $\beta$ -глюканы – высокомолекулярные полимеры глюкозы, связанной  $\beta(1-3)$  и  $\beta(1-4)$ -гликозидными связями [6]. Наиболее активной в биологическом отношении формой  $\beta$ -глюканов является  $\beta$ -1,3/1,6-глюкан. Установлено, что  $\beta$ -1,3-глюкан вызывал целый спектр защитных реакций в растениях сои [7], табака [8], арабидопсиса [9], риса [10], люцерны [11] и винограда [12].

С учетом значительного количества научно-практических разработок по созданию индукторов устойчивости растений на основе метаболитов иммунного ответа, целью исследований являлась оценка влияния элиситорного препарата Иммунакт-ГК, ВСК на основе  $\beta$ -1,3-глюкана (0,5 %) на развитие и фитопатологический статус растений томата и огурца, выращиваемых в условиях защищенного грунта.

### Основная часть

Исследования эффективности препарата Иммунакт-ГК, ВСК проводили в производственных условиях овощеводческих хозяйств Брестской, Гродненской и Минской областей в 2017–2019 гг. на культуре огурца и томата, выращиваемых в почвогрунте и в условиях малообъемной гидропоники на минераловатных субстратах, согласно общепринятым методическим требованиям [13–15]. В процессе проведения экспериментов осуществляли учет биометрических и фитопатологических показателей [13, 14, 16].

Исследования проводили по общей схеме, предполагавшей оценку следующих вариантов опыта:

Вариант 1. Иммунакт-ГК, ВСК, 2,0%-ная р.ж., опрыскивание растений в фазе 2–4 настоящих листьев.

Вариант 2. Иммунакт-ГК, ВСК, 1,0%-ная р.ж., опрыскивание растений в фазе 2–4 настоящих листьев.

Вариант 3. Экосил, ВЭ, 1,0%-ная р.ж., опрыскивание растений препарата согласно регламенту применения [17] – вариант сравнения.

Вариант 4. Контроль – без обработки препаратом.

В период проведения исследований в теплицах поддерживали следующий температурный режим: ночью – 18–20 °С, днем – 21–28 °С, влажность воздуха – 75–80 %.

Урожай анализировали по массе собранных плодов с делянки (10 м<sup>2</sup>) и общую (40 м<sup>2</sup>).

Статистическую обработку полученных результатов проводили в пакетах статистического анализа MS Excel (однофакторный дисперсионный анализ, описательная статистика) с учетом групповых различий между средними значениями на основе наименьшей существенной разницы (НСР) и доверительного интервала с вероятностью 95 % [15].

В ходе исследований на культуре томата Тореро *F<sub>1</sub>*, выращиваемого в зимне-осеннем культурообороте на минеральной вате, в период начала плодоношения (2–3-я декада апреля) отмечены различия по показателю средней массы одного плода, которая для варианта с препаратом Иммунакт-ГК, ВСК, 1 %-ная р.ж. составила 200,0 г в сравнении с 191,5 г в контроле.

Учеты урожайности томата в период массового плодоношения показали, что масса плодов 10 последовательных сборов плодов в варианте с препаратом Иммунакт-ГК, ВСК была на 6,8–7,8 % больше, чем в контроле, в варианте с применением Экосила, ВЭ – на 5,8 % (табл. 1).

Таблица 1. Влияние препарата Иммунакт-ГК, ВСК на урожайность растений томата в период массового плодоношения (УП «Минский парниково-тепличный комбинат», Тореро *F<sub>1</sub>*, малообъемная гидропоника, 2018 г.)

Вариант опыта	Масса плодов 10 последовательных сборов, кг с 40 м <sup>2</sup>	
	Зимне-осенний культурооборот	% к контролю
Иммунакт-ГК, ВСК 2,0%-ная р.ж.	299,6	+6,8
Иммунакт-ГК, ВСК 1,0%-ная р.ж.	302,2	+7,8
Экосил, ВЭ 1,0%-ная р.ж.	296,8	+5,8
Контроль	280,4	

В 2019 г. в ходе исследований на культуре томата в условиях почвогрунта отмечено ростостимулирующее действие препарата, проявлявшееся в увеличении скорости роста растений. В варианте с препаратом Иммунакт-ГК, ВСК рост растений в высоту шёл более интенсивно: относительный прирост растений на 21-е сутки с начала применения препарата составил 248,4 %, на 28-е сутки – 327,0 %, тогда как в контроле 121,4 и 192,1 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Влияние препарата Иммунакт-ГК, ВСК на биометрические показатели растений томата (СУП «АзотСервис» ОАО «Гродно Азот», Лезгинка *F<sub>1</sub>*, летне-осенний культурооборот, почвогрунт, 2019 г.)

Вариант опыта	Высота растений, см			Прибавка в высоте растений, %		Количество сформированных плодов, шт/растение		Средняя масса собранных плодов, кг с 10 м <sup>2</sup>	Прибавка урожая, % к контролю
	Дата учёта								
	18.07	08.08	15.08	08.08	15.08	08.08	15.08		
Иммунакт-ГК, ВСК 2,0%-ная р.ж.	42,9	149,5	183,2	248,4	327,0	8,4	18,5	81,2	7,1
Экосил, ВЭ 1,0 %-ная р.ж.	47,1	156,3	192,9	231,8	309,6	8,7	18,7	81,8	8,0
Контроль	49,1	157,8	192,5	221,4	292,1	8,2	17,9	75,8	
НСР <sub>05</sub>	3,7	5,0	6,9			1,2	2,1	3,6	

Прибавка в высоте растений в варианте сравнения (Экосил, ВЭ) на 21-е и 28-е сутки составила 131,4 и 209,6 % соответственно. Применение препарата Иммунакт-ГК, ВСК способствовало повышению урожайности на 7,1 %.

При проведении исследований на культуре огурца отмечено уменьшение количества сброшенных завязей при применении 2,0%-ной р.ж. препарата Иммунакт-ГК, ВСК (3,4 по сравнению с 4,3 шт/растение в контроле) (табл. 3).

Таблица 3. Влияние препарата Иммунакт-ГК, ВСК на биометрические показатели и урожайность растений огурца (УП «Минский парниково-тепличный комбинат», Кураж F<sub>1</sub>, зимне-летний культурооборот, малообъемная гидропоника, 2018 г.)

Вариант опыта	Высота растений, см	Количество сформировавшихся плодов, шт/растение	Количество сброшенных завязей, шт/растение	Средняя масса собранных плодов, кг с 10 м <sup>2</sup>	Прибавка урожая, % к контролю
	Дата учёта				
	04.04	18.04	04.05	25.05–15.06	
Иммунакт-ГК, ВСК, 2,0%-ная р.ж.	62,5	27,2	3,4	80,6	7,3
Иммунакт-ГК, ВСК, 1,0%-ная р.ж.	65,7	32,1	4,4	78,4	3,2
Экосил, ВЭ 1,0%-ная р.ж.	64,8	30,3	4,4	79,6	5,9
Контроль	75,5	32,1	4,3	75,2	
НСР <sub>05</sub>	2,9	2,0	0,8	3,2	

Результаты учета урожайных данных растений огурца, проведенного путем десятикратной последовательной выборки плодов в период массового плодоношения, показали, что общая масса собранных плодов была больше на 7,3 % в варианте с применением Иммунакта-ГК, ВСК, 2%-ная р.ж. по сравнению с контролем.

В ходе проведения фитопатологического мониторинга в 3-й декаде мая было отмечено локальное поражение растений огурца мучнистой росой (*Erysiphe cichoracearum* DC = *Golovinomyces orontii* (Castagne) V.P. Heluta). Оценка развития болезни в динамике показала, что распространенность мучнистой росы в варианте с препаратом Иммунакт-ГК, ВСК, 2,0%-ная р.ж. составила 5,4–15,0 %, развитие – 0,9–1,9 %, тогда как соответствующие показатели в варианте без обработки варьировали в пределах 12,5–25,0 и 1,1–2,5 % соответственно (табл. 4).

Таблица 4. Влияние препарата Иммунакт-ГК, ВСК на пораженность растений огурца мучнистой росой (УП «Минский парниково-тепличный комбинат», Кураж F<sub>1</sub>, зимне-летний культурооборот, малообъемная гидропоника, 2018 г.)

Вариант опыта		Дата учета			
		04.06	11.06	18.06	25.06
Иммунакт-ГК, ВСК, 2,0%-ная р.ж.	Р, %	10,0	15,0	11,5	5,4
	Р, %	1,3	1,9	1,3	0,9
	БЭ, %	50,0	24,0	50,0	18,0
Иммунакт-ГК, ВСК, 1,0%-ная р.ж.	Р, %	25,0	27,5	17,3	8,1
	Р, %	4,6	3,9	1,8	1,4
	БЭ, %	-	-	30,8	-
Экосил, ВЭ, 1,0%-ная р.ж.	Р, %	7,5	27,5	18,0	8,4
	Р, %	0,9	3,4	2,2	1,1
	БЭ, %	64,0	-	7,6	-
Контроль	Р, %	17,5	25,0	20,0	12,5
	Р, %	2,5	3,1	2,6	1,1

Р – распространенность болезни  
 Р – развитие болезни  
 БЭ – биологическая эффективность

В варианте с применением препарата Экосил, ВЭ распространенность болезни достигала 27,5 %, развитие – 3,4 %. Биологическая эффективность препарата Иммунакт-ГК, ВСК варьировала от 18,0 до 50,0 %.

Анализ результатов учета биометрических показателей растений огурца при выращивании в условиях почвогрунта на фоне применения препарата Иммунакт-ГК, ВСК показал улучшение их продуктивных качеств в варианте с применением 2,0%-ной р.ж. препарата: прибавка в высоте растений в начальный период вегетации в теплице составила 108,8 %, тогда как в контроле – 83,2 %, также отмечено уменьшение количества сброшенных завязей (1,4 шт/растение по сравнению с 1,9 шт/растение в контроле) и увеличение количества сформировавшихся плодов (11,7 шт/растение по сравнению с 10,3 шт/растение в контроле) (табл. 5). Анализ учета количества собранного урожая показал увеличение общей массы собранных плодов на 5,9 % в варианте с применением препарата Иммунакт-ГК, ВСК по отношению к таковому показателю в варианте без обработки (табл. 5). Анализ учета количества собранного урожая показал увеличение общей массы собранных плодов на 5,9 % в варианте с применением препарата Иммунакт-ГК, ВСК по отношению к таковому показателю в варианте без обработки (табл. 5). В процессе мониторинга фитопатологического состояния посадок огурца во 2-й декаде августа зафиксировано поражение отдельных растений на опытных делянках мучнистой росой. Сравнение фитопатологических показателей в динамике позволило установить, что в наименьшей степени растения поражались болезнью в варианте с применением 2,0%-ной р.ж. препарата Иммунакт-ГК, ВСК: распространенность мучнистой росы составила 44,7–95,5 %, развитие – 6,5–19,3 %, тогда как в контроле 68,2–100 и 7,8–35,4 % соответственно (табл. 6).

Таблица 5. Влияние препарата Иммунакт-ГК, ВСК на биометрические показатели и урожайность растений огурца (ПКУП «Коммунальник», Ансор F<sub>1</sub>, летне-осенний культурооборот, почвогрунт, 2018 г.)

Вариант опыта	Прибавка в высоте растений, %	Количество сформировавшихся плодов, шт/растение	Количество сброшенных завязей, шт/растение	Средняя масса собранных плодов, кг с 10 м <sup>2</sup>	Прибавка урожая, % к контролю
	Дата учета				
	06.09	06.09	06.09	27.08-17.09	
Иммунакт-ГК, ВСК, 2,0%-ная р.ж.	108,8	11,7	1,4	55,6	5,9
Иммунакт-ГК, ВСК, 1,0 %-ная р.ж.	104,4	11,5	1,9	53,6	2,2
Экосил, ВЭ 1,0 %-ная р.ж.	83,2	11,9	1,8	53,6	2,1
Контроль	81,0	10,3	1,9	52,5	
НСР <sub>05</sub>	6,1	1,3	0,23	2,1	

Таблица 6. Влияние препарата Иммунакт-ГК, ВСК на пораженность растений огурца мучнистой росой (ПКУП «Коммунальник», Ансор F<sub>1</sub>, летне-осенний культурооборот, почвогрунт, 2018 г.)

Вариант опыта		Дата учета			
		30.08	06.09	13.09	20.09
Иммунакт-ГК, ВСК, 2%-ная р.ж.	P, %	67,5	95,5	44,7	82,3
	R, %	6,5	19,3	13,3	14,2
	БЭ, %	23,5	27,2	53,0	52,2
Иммунакт-ГК, ВСК, 1,0%-ная р.ж.	P, %	65,5	97,1	75,0	87,5
	R, %	8,5	30,0	23,6	33,6
	БЭ, %	-	-	16,6	-
Экосил, ВЭ, 1,0%-ная р.ж.	P, %	65,5	90,9	62,2	93,2
	R, %	7,8	35,4	19,3	25,2
	БЭ, %	8,2	-	31,8	-
Контроль	P, %	68,2	95,5	77,8	100,0
	R, %	8,5	26,5	28,3	29,7

Биологическая эффективность препарата Иммунакт-ГК, ВСК достигала 53,0 %, тогда как в эталонном варианте (Экосил, ВЭ) данный показатель не превышал 31,8 %.

### Заключение

В ходе проведения исследований при применении иммуномодулирующего препарата Иммунакт, ВСК с концентрацией рабочей жидкости 2 % на культуре томата отмечено его стимулирующее действие в условиях выращивания культуры в почвогрунте: ускорение роста, увеличение средней массы плодов и повышение урожайности растений (на 7,1 %). Элиситорное действие препарата при применении на культуре огурца в защищенном грунте проявлялось стимулированием роста и фитозащитным эффектом: уменьшении количества сброшенных завязей, увеличении скорости роста, урожайности (до 7,3 %), снижении поражаемости мучнистой росой с биологической эффективностью до 53,0 %.

### ЛИТЕРАТУРА

- Pieterse, C. M. J. Plant interactions with microbes and insects: from molecular mechanisms to ecology / C. M. J. Pieterse, M. Dicke // Trends in plant science. – 2007. – Т. 12. – №. 12. – С. 564–569.
- Protection against pathogen and salt stress by four plant growth-promoting rhizobacteria isolated from *Pinus* sp. on *Arabidopsis thaliana* / Barriuso [et al.] // Phytopathology. – 2008. – Т. 98. – №. 6. – С. 666–672.
- Saunders, M. Evidence for alteration of fungal endophyte community assembly by host defense compounds / M. Saunders, L. M. Kohn // New Phytologist. – 2009. – Т. 182. – №. 1. – С. 229–238.
- Conrath, U. Molecular aspects of defence priming / U. Conrath // Trends in plant science. – 2011. – Т. 16. – №. 10. – С. 524–531.
- Мелентьев, А. И. Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus* Cohn в агроэкосистемах / А. И. Мелентьев. – М., 2007. – 148 с.
- Лукьянчук, В. Д. Бета-глюканы как основа создания средств иммуномодулирующего действия / В. Д. Лукьянчук, Е. М. Мищенко, М. Н. Бабенко // Українськ. медичн. часопис. – 2011. – №5 (85). – IX / X. – С. 92–93.
- Leubner-Metzger, G. Functions and regulation of  $\beta$ -1, 3-glucanases during seed germination, dormancy release and after-ripening / G. Leubner-Metzger // Seed Science Research. – 2003. – Vol. 13. – P. 17–34.
- An ancient enzyme domain hidden in the putative beta-glucan elicitor receptor of soybean may play an active part in the perception of pathogen-associated molecular patterns during broad host resistance / J. Fliegmann [et al.] // J Biol. Chem. – 2004. – P. 279 1132–1140.
- Purification and characterization of a phytoalexin elicitor from spores of the saprobe *Mucor ramosissimus* / K. Simoes [et al.] // Revista Brasil Botanica. – 2005. – 28(4). – P.735–744.
- A cell wall glucan elicitor induces resistance in taro against *Phytophthora* leaf blight / S. Siram [et al.] // J. Plant Dis. Protect. – 2003. – 110(1). – P. 17–26.
- Linear beta-1,3 glucans are elicitors of defense responses in tobacco / O. Klarzynski [et al.] // Plant Physiol. – 2000. – 124(3). – P. 1027–38.
- Ménard, Claude. The economics of hybrid organizations / Claude Ménard // J. of Institutional and Theoretical Economics. – 2004. – 160 (3). – P. 345–376.
- Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Институт защиты растений; ред. С. Ф. Буга. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2007. – 508 с.
- Методические указания по проведению регистрационных испытаний биопрепаратов для защиты растений от вредителей и болезней / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; сост.: Л. И. Прищепа, Н. И. Миккульская, Д. В. Войтка. – Несвиж: Несвижская укрупненная типография им. С. Будного, 2008. – 56 с.
- Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-е изд. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- Современные методы биометрии в исследовании растений: учебное пособие / В. И. Авдеев. – Оренбург, 2015. – 130 с.
- Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь: справочное издание / М-во сельск. х-ва и продовольствия Республики Беларусь, ГУ «Гл. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений»; сост. А.В. Пискун [и др.]. – Минск: Промкомплекс, 2020. – 742 с.

## ЗЕРНОВОЕ СОРГО КАК НОВЫЙ КОРМОВОЙ РЕСУРС ДЛЯ КРС МОЛОЧНОГО И МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПЛАНЕТАРНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

**А. З. БОЛЬШАКОВ**

*Всерусский НИИ сорго и сои «Славянское поле»,  
г. Ростов-на-Дону, Россия, 344006*

**И. К. ЦЕЛОВАЛЬНИКОВ, Ф. К. СЕМЕНОВА**

*Ставропольский ГАУ,  
г. Ставрополь, Россия, 355017*

*(Поступила в редакцию 24.03.2023)*

*За последние десятилетия статистика фиксирует участвовавшее количество экстремально высоких летних засух. При таком характере изменений природно-климатических условий кукуруза по своим биологическим свойствам неспособна давать большие урожаи, а часто по этой же причине «выгорает», что приводит к снижению рентабельности хозяйствующих субъектов, в том числе, занятых молочным и мясным направлением использования КРС [3, 7].*

*На этом основании целью представленных исследований явилось изучение возможности замены как зерна, так и зеленой массы кукурузы на зерно и зеленую массу зернового сорго в рационах кормления КРС молочного и мясного направления использования. Были решены следующие задачи: изучить характер природно-климатических условий на территории РФ за последние тридцать лет; изучить фактическую питательность зерна и зеленой массы кукурузы и зернового сорго; составить рационы кормления КРС молочного и мясного направления на базе силоса из зеленой массы зернового сорго в восковой спелости, а также использования зерна сорго в восковой спелости вместо зерна кукурузы в восковой спелости; оценить надои и привесы КРС на откорме при использовании рационов на базе из зерна и зеленой массы сорго в восковой спелости.*

*Научно-хозяйственные опыты проводились на опытно-лабораторной базе ЗАО «Премикс» Тимашевского района Краснодарского края, в составе которой имеется хозяйственный двор, искусственный рубец КРС, лабораторный набор для проведения фистульных опытов, а также лабораторное оборудование, позволяющее разложить корма, включенные в конкретный рацион, на пятьдесят шесть составляющих. Также результаты представленного исследования апробировались на поголовье КРС молочного направления АО «Троицкое» Лискинского района Воронежской области, а также на поголовье КРС мясного направления ООО «Надежда» Камызякского района Астраханской области.*

*Испытывалось зерновое сорго сорт «Славянское поле 210» селекции ВНИИ сорго и сои «Славянское поле». Проведенные нами научные исследования показали, что биологические особенности зерна и зеленой массы зернового сорго положительно влияют на процессы пищеварения и жизнеспособности КРС молочного и мясного направления. При этом очень важно обратить внимание на тот факт, что, рацион кормления с включением в него кормов из зерна и зеленой массы зернового сорго в восковой спелости зерна сорго на одну голову КРС стал на 30 рублей дешевле, что указывает на высокую экономическую эффективность его использования.*

**Ключевые слова:** *экстремально высокие летние засухи, сорго, кукуруза, корма из зерна и зеленой массы зернового сорго в восковой спелости зерновки, транзитный (проходной) крахмал, рацион КРС молочного и мясного направления использования, кормление.*

*Over the past decades, statistics have recorded an increasing number of extremely high summer droughts. With this nature of changes in natural and climatic conditions, corn, due to its biological properties, is unable to produce large yields, and often for the same reason "burns out", which leads to a decrease in the profitability of business entities, including those engaged in dairy and meat use of cattle.*

*On this basis, the purpose of the presented studies was to study the possibility of replacing both grain and green mass of corn with grain and green mass of grain sorghum in the diets of cattle for dairy and meat use. The following tasks were solved: to study the character of the natural and climatic conditions on the territory of the Russian Federation over the past thirty years; to study the actual nutritional value of grain and green mass of corn and grain sorghum; formulate feeding rations for dairy and beef cattle based on silage from the green mass of wax-ripened grain sorghum, as well as the use of wax-ripened sorghum grains instead of wax-ripened corn grains; to evaluate the milk yield and weight gain of fattened cattle when using diets based on grain and green mass of sorghum in wax ripeness.*

*Scientific and economic experiments were carried out at the experimental laboratory base of CJSC Premix, Timashevsk district of the Krasnodar Territory, which includes a household yard, an artificial cattle rumen, a laboratory kit for fistula experiments, as well as laboratory equipment that allows you to decompose feed included in a specific diet, into fifty-six components.*

*Also, the results of the presented study were tested on the livestock of dairy cattle of Troitskoye JSC, Liskinsky district of the Voronezh region, as well as on the livestock of meat cattle of Nadezhda LLC, Kamyzyaksky district of the Astrakhan region.*

*Grain sorghum variety "Slavyanskoye Pole 210" bred by the All-Russian Research Institute of Sorghum and Soybeans "Slavyanskoye Pole" was tested. Our scientific studies have shown that the biological characteristics of grain and green mass of grain sorghum have a positive effect on the digestion and viability of dairy and meat cattle.*

*At the same time, it is very important to pay attention to the fact that the feeding ration with the inclusion of feed from grain and green mass of grain sorghum in the wax ripeness of sorghum grain per head of cattle has become 30 rubles cheaper, which indicates a high economic efficiency of its use.*

**Key words:** *extremely high summer droughts, sorghum, corn, fodder from grain and green mass of grain sorghum in the waxy ripeness of the grain, transit starch, diet of cattle for dairy and meat use, feeding.*

## **Введение**

За последние десятилетия окончательно подтвердились факты тенденции глобального потепления климата на планете Земля [7]. Большинство исследователей, опираясь на статистические данные, пришли к выводу о том, что тенденция такого рода проявляет себя в виде участвовавшего количества экстремально высоких летних засух и, одновременно, получила свое расширение на значительных географических территориях РФ, которые еще до недавнего времени считались зонами достаточного увлажнения [7].

Статистика подтверждает, что в таких условиях происходит понижение урожайности, в том числе кукурузы, как основного кормового ресурса для всех видов сельскохозяйственных животных, включая птиц и рыб, а в отдельные годы она, как и другие кормовые культуры, по указанным причинам, вообще не формируют урожай или «выгорает» [3, 4].

В условиях глобального потепления климата, ранее полученные знания и практика о кормопроизводстве требуют неотложных дополнительных научно-теоретических и разработанных на их основе практических рекомендаций. Одним из таких научно-практических направлений является поиск новых растительных ресурсов для рационов кормления, в т. ч. КРС молочного и мясного направления использования. Такого рода направление востребовано практикой, так как потенциально способно повысить стабильность ежегодной гарантии производства, а также количество, разнообразие и питательность кормов, что в условиях изменения климата в сторону потепления становится важным обстоятельством для отечественного кормопроизводства в целом [3].

Одним из таких растительных ресурсов может стать сорго всех видов (зерновое, сахарное, травянистое и вечнозеленое), как самая высоко жаро- и засухоустойчивая сельскохозяйственная культура, родина которой является Африка. Кроме того, сорго – это единственная сельскохозяйственная культура, которая обладает свойством анабиоза. Это означает, что, когда температура окружающей среды поднимается больше, чем на 35 °С, сорго приостанавливает свой рост на 35–55 дней, а при выпадении даже незначительного количества осадков трогается в рост со скоростью пять сантиметров за сутки [1, 2, 3]. Анализ литературных источников показал, что имеющиеся знания и практический опыт по использованию сорго всех видов в кормопроизводстве имеет разрозненный, несистематизированный характер [1, 2, 8, 11, 12].

Следует отметить, что по своим ботаническим, биологическим, питательным свойствам сорго потенциально способно повысить экономическую эффективность кормопроизводства в условиях экстремально высоких летних засух. Сорго можно рассматривать как самостоятельный и самодостаточный ресурс, способный повысить количество, качество и разнообразие кормов как из зерна, так из зеленой массы [3, 10].

## **Основная часть**

Сорго (*Sorghum*), род однолетних и многолетних растений семейства злаковых, обладает целым рядом признаков ксероморфизма (напр. уменьшенная листовая поверхность, большое число мелких устьиц, волоски, восковой налёт), обеспечивающих ему приспособление к засушливым условиям произрастания.

Исследования проводились на опытно-лабораторной базе ЗАО «Премикс» Тимашевского района Краснодарского края, на поголовье КРС молочного направления АО «Троицкое» Лискинского района Воронежской области, а также на поголовье КРС мясного направления ООО «Надежда» Камызякского района Астраханской области. Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи: изучить фактическую питательность зерна кукурузы и зерна сорго в восковой спелости; изучить фактическую питательность силоса из кукурузы и силоса из зернового сорго в восковой спелости зерна; составить рационы кормления КРС молочного и мясного направления использования на базе силоса из зеленой массы зернового сорго, а также зерна сорго в восковой спелости; влияние рационов кормления на базе силоса из зеленой массы зернового сорго, а также зерна сорго в восковой спелости на молочную и мясную продуктивность; влияние использования силоса из зеленой массы зернового сорго, а также зерна сорго в восковой спелости на себестоимость рациона кормления КРС молочного и мясного направления использования.

Испытывалось зерновое сорго сорт «Славянское поле 210» селекции ВНИИ сорго и сои «Славянское поле». Научно-хозяйственный опыт по замене в составе рациона кормов из зерна и зеленой массы кукурузы на корма из зерна и зеленой массы сорго проводился при оценке фактического химического состава и питательности зерна. Данные приведены в табл. 1. Результаты исследований химического состава и питательности показали, что зерно сорго по биохимическому составу равно зерну кукурузы. Но, вместе с тем, следует отметить, что зерно сорго несколько богаче зерна кукурузы по энергии на 0,2 МДЖ и белку на 0,2 %. Обращает на себя внимание тот факт, что при практически равном переваримом протеине, протеин зерна сорго лучше обеспечен лизином, метионином, треонином и

триптофаном на 0,01; 0,02; 0,07; 0,06 по сравнению с протеином зерна кукурузы. Также зерно сорго на 0,03 и 0,09 % лучше по главным минералам – кальцию и фосфору, чем зерно кукурузы. В зерне зернового содержится больше транзитного (проходного), чем в зерновке кукурузы. Полученные данные не противоречат результатам других авторов [1, 2, 3].

Таблица 1. Химический состав и питательность зерна кукурузы и сорго

Наименование показателей	Кукуруза	Сорго	(+ -) в сравнении с кукурузой
Сырой протеин, %	10,9	11,1	+0,2
Переваримый протеин, %	9,4	9,4	0
Обменная энергия, МДЖ	14,0	14,2	+ 0,2
ЭПО	131	120,7	-11,7
Сырой жир, %	4,0	2,95	-1,05
Сырая клетчатка, %	2,0	3,52	+2,52
Лизин, %	0,24	0,25	+0,01
Метионин + цистин, %	0,33	0,35	+0,02
Треонин, %	0,27	0,34	+0,07
Триптофан, %	0,06	0,12	+0,06
Кальций, %	0,02	0,05	+0,03
Фосфор, %	0,25	0,34	+0,09

По биохимическому составу зерно сорго равно зерну кукурузы. Эти и другие аналогии дали нам основания выдвинуть научную гипотезу о схожести содержания транзитного (проходного) крахмала зерновки кукурузы и зерновки зернового сорго.

Наш научный интерес – определение факторов, влияющих на содержание проходного крахмала в зерновом сорго, одновременно содержит еще и чисто экономические вопросы. Статистика последних десятилетий показывает, что урожайность кукурузы (в силу участвовавшего количества экстремально высоких летних засух) в целом по РФ снизилась на 45 %, а в отдельные годы по этой же причине ее урожай «выгорает». При таких переменах в сторону потепления планетарного климата становится актуальной замена зерна и зеленой массы кукурузы на зерно и зеленую массу зернового сорго в рационах кормления КРС молочного и мясного направления использования, в том числе по соображениям возможности получения такого же количества и качества транзитного (проходного) крахмала, которые рекомендованы такой моделью кормления как – CNCPS. Упомянутая модель кормления пришла в РФ по мере завоза различных селекционных пород КРС молочного и мясного направления. В связи с этим за последнее десятилетие она стала едва ли не самой популярной в практике хозяйствующих субъектов на территории РФ.

Система CNCPS разработана в Корнельском университете (США), поэтому её часто называют Корнельской системой кормления или просто «американской» CNCPS – это модель кормления в основе которой лежат глубокие познания о физиологическом статусе КРС. Возвращаясь к проблеме установления факторов, влияющих на содержание проходного крахмала в зерновом сорго, мы изучили строение зерновки зернового сорго и установили, что она состоит из: оболочки, зародыша и эндосперма.

Эндосперм – внутренняя часть зерновки, где хранится запас питательных веществ – белка и крахмала. Было также обнаружено, что эндосперм зерновки зернового сорго очень неоднороден по своему строению. В нем мы выделили центральную – мучнистую область и периферийную – роговидную.

При дальнейшем изучении оказалось, что по структуре эндосперма можно установить, чем отличаются друг от друга сорта (гибриды) зернового сорго. Так, в частности, большинство изученных сортов (гибридов) зернового сорго оказались с высокой долей роговидного эндосперма (фото А), имеющего высокую твердость, которая образована плотной упаковкой составляющих его крахмальных гранул протеинового матрикса и протеиновых телец. Плотная упаковка затрудняет проникновение пищеварительных ферментов к крахмальным гранулам, следовательно, это приводит к неполному пищеварению. Формируют эту трудно расщепляемую структуру такие вещества как проламины т.е. группа запасных белков эндосперма семян.

Немалая часть сортов (гибридов) зернового сорго имели восковидный эндосперм (фото Б), который по своим характеристикам близко к таким, которые присущи роговидному эндосперму.

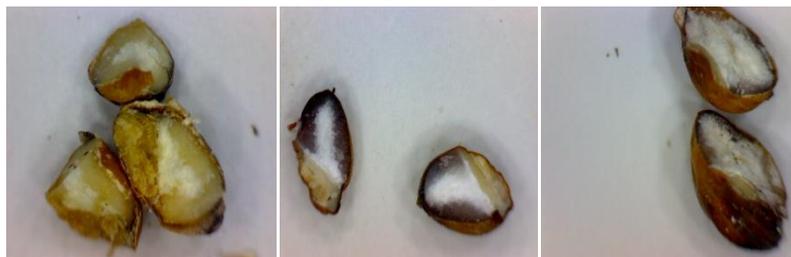


Рисунок А

Рисунок Б

Рисунок В

Только незначительное количество сортов (гибридов) зернового сорго были представлены мучнистым эндоспермом (фото В). В мучнистом эндосперме протеиновых телец мало, крахмальные гранулы лежат свободно, легко доступны для ферментов, соответственно поэтому они хорошо перевариваются. При дальнейшем изучении была установлена так называемая биологическая отличимость сортов (гибридов) зернового сорго, которая выразилась в том, что наименьшей урожайностью обладали сорта (гибриды) зернового сорго с мучнистым эндоспермом, но они оказались самыми востребованными в кормопроизводстве, т. к. обладают наибольшей переваримостью (т. е. наибольшим содержанием транзитного (проходного) крахмала и другими характеристиками, отдельные из которых превышают даже показатели при использовании крахмала из зерна кукурузы.

Таким образом, мы установили, что самыми урожайными, но с наименьшим количеством и качеством транзитного крахмала оказались сорта (гибриды) зернового сорго с роговидным эндоспермом, а потом уже и восковидным эндоспермом. Проведенными вышеизложенными исследованиями была подтверждена наша собственная гипотеза о том, что такое обстоятельство как тип зерновки зернового сорго является существенным фактором, влияющим на содержание и качество транзитного (проходного) крахмала.

Далее мы исследовали механизм образования и продуцирования (т.е. действия по назначению) транзитного (проходного) крахмала в желудочно-кишечном тракте КРС. Для этих целей были использованы: прибор под названием «Искусственный рубец», набор для проведения фистульных опытов, а также иное различное оборудование лаборатории ЗАО «Премикс», которое позволяет устанавливать качество по самым разнообразным показателям и в количестве нескольких десятков, в том числе, предусмотренных моделью кормления CNCPS (табл. 2).

Таблица 2. Влияние способов обработки зерновки зернового сорго на показатели продуктивности КРС молочного направления использования

Показатели продуктивности	Дробление созревшего зерна сорго	Зерно сорго, пшеничное в фазе восковой спелости	(+ -) к контролю
Поставлено на опыт КРС, голов	40	40	–
Потребление СВ	25,4	25,1	–
Молоко, кг/ сутки	33,6	37,4	+3,8
Протеин в %	1,98	3,02	+1,04
Протеин, кг/ сутки	1,01	1,92	+ 0,91
Жир в %	3,20	3,20	–
Жир, кг/ сутки	1,14	1,14	–
Общая переваримость крахмала в %	38,0	92,0	+ 54,0

Таким образом, мы достоверно установили, что другими существенными факторами, влияющими на содержание (количество и качество) транзитного (проходного) крахмала является – фаза спелости зерновки зернового сорго, а также механическая обработка зерновки в виде плющения (дробления) зерновки зернового сорго в фазе восковой спелости. В связи с приведенным итогом, очень важно учесть, что стоимость рациона с включением зерна и зеленой массы кукурузы в среднем на 14 % выше стоимости рациона с включением зерна и зеленой массы зернового сорго. В этом случае, с точки зрения экономической целесообразности и кормового эффекта можно утверждать о возможности замены зерна и зеленой массы кукурузы на зерно и зеленую массу зернового сорго.

### Заключение

1. За последние десятилетия хозяйствующие субъекты в АПК РФ ощутили негативное влияние тенденции глобального планетарного потепления климата, которое выразило себя, в том числе, в виде снижения урожайности кукурузы и других кормовых культур или отсутствия таковой в силу участвовавшего количества экстремально высоких летних засух.

2. Практика сельскохозяйственного производства показала, что в условиях глобального потепления климата возникает объективная необходимость перехода на использование жаро и засухоустойчивых культур, чтобы создать возможность стабильного и гарантированного производства кормов для всех видов сельскохозяйственных животных, включая птиц и рыб. Одной из таких культур является сорго (зерновое, сахарное, травянистое, веничное).

3. Наши исследования показали, что зерновое сорго по биохимическому составу равно зерну кукурузы, а корма из зерна и зеленой массы зернового сорго по отдельным показателям даже превосходят корма из зерна и зеленой массы кукурузы. Кроме того, зерновое сорго, в силу своих уникальных биологических свойств, способно сформировать урожай в условиях летних засух, в то время, когда кукуруза, равно как и некоторые другие кормовые культуры, «выгорает».

4. Результаты опытов, приведенных по тексту настоящей статьи, показывают, что зерновое сорго может полностью заменить кукурузу, пшеницу или ячмень в качестве источника концентрированных кормов, в том числе для всех селекционных пород КРС молочного и мясного направления использования.

5. Зерновое сорго в изменившихся природно-климатических условиях может стать кормовым ресурсом, потенциально способным до 40 % понизить себестоимость рационов кормления всех селекционных пород КРС молочного и мясного направления использования.

6. Все вышеперечисленное в условиях, когда участилось количество экстремально высоких летних засух, позволяет рекомендовать корма из зерна и зеленой массы зернового сорго для полной замены кормов из зерна и зеленой массы кукурузы. Такого рода замена позволит до 40 % снизить себестоимость рациона кормления при одновременном увеличении его кормового эффекта, позволяющего повысить надои КРС молочного направления и привесы на откорме.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулгазизов, Р. Ш. Эффективность использования зернового сорго и протеинового концентрата в составе комбикормов для бычков, выращиваемых на мясо: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук по специальности 06.02.02. / Р. Ш. Абдулгазизов. – Оренбург, 2005. – 40 с.

2. Айрих, В. А. Научные и практические основы оптимизации ресурсного потенциала сорговых культур в степной зоне Южного Урала при производстве говядины: Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.02.02. / В. А. Айрих. – Оренбург, 2008. – 50 с.

3. Большаков, А. З. Сорго в ЦЧР / А. З. Большаков. – Ростов-на-Дону: РостИздат, 2008. – 150 с.

4. Большаков, А. З. От селекции к технологии / А. З. Большаков, Н. Я. Коломиец. – Ростов-на-Дону: РостИздат, 2003. – 111 с.

5. Гамагер, Б. Р. Обзор: протеин из сорго и качество еды / Б. Р. Гамагер, В. А. Бугусу. – 2003. – URL: <http://www.afripo.org.uk/papers/Paper08>.

6. Дускаев, Г. К. Деградация крахмала в рубце жвачных животных и способы ее снижения (обзор) / Г. К. Дускаев // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – №2. – С. 98.

7. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). – Москва, 20189. – С. 50; 97.

8. Значение региональных особенностей причинно-следственных связей возникновения кетоза у коров молочного стада: Материалы IV Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика РАСХН Н. А. Шманенкова. Актуальные проблемы биологии в животноводстве / Л. Г. Каширина. – Боровск, 2006.

9. Лисунова, Л. И. Термины и терминологии к дисциплине «Кормления сельскохозяйственных животных» / Л. И. Лисунова, В. С. Токарев. – Витебск ВГАВМ: Изд-во Ветеринарная медицина, 2021. – 36 с.

10. Плющение зерна – эффективный способ повышения переваримости питательных веществ рациона: Материалы IV Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика РАСХН Н. А. Шманенкова. Актуальные проблемы биологии в животноводстве / Л. Г. Каширина. – Боровск, 2006.

11. Продуктивность коров при различной распадаемости протеина в рубце: Материалы IV Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика РАСХН Н. А. Шманенкова / Д. А. Сварич, Боровск, 5–7 сентября 2006 г.

12. Namaker, B. R. Overview: sorghum protein and food quality. Available source / B. R. Namaker, V. A. Bugusu. – 2003. URL: <http://www.afripo.org.uk/papers/paper08>.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАССАДЫ ТОМАТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТАХ

И. П. КОЗЛОВСКАЯ

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: i.p.kozlovskaya@gmail.com

(Поступила в редакцию 27.03.2023)

*Интенсификация земледелия за счет применения высоких доз минеральных удобрений породила проблемы экологического характера: ухудшение качества продукции и загрязнение окружающей среды. Дальнейшее развитие аграрной отрасли должно осуществляться путем создания наукоемких технологий с минимальными экологическими рисками.*

*Для повышения качества жизни населения Беларуси необходимы формирование рынка качественных продуктов питания и организация производства экологически чистой продукции. Такая продукция должна быть произведена без применения в технологическом цикле компонентов, которые даже потенциально могут угрожать здоровью людей.*

*В статье обоснована целесообразность выращивания рассады томата на органических субстратах без минеральных удобрений. Основой субстратов являлся произвесткованный торф со степенью разложения 25–40 %. Обогащение элементами питания торфяного субстрата достигнуто за счет введения в его состав органического компоста с высокой удобрительной ценностью, не содержащего патогенной микрофлоры, антибиотиков, сорняков. Технология приготовления компоста разработана и запатентована в Республике Беларусь. Для определения состава субстрата без минеральных удобрений, обеспечивающего полноценное развитие растений томата в рассадный период, к торфу добавляли различные дозы компоста. В качестве контроля использовали торфяной субстрат без добавок компоста, но обогащенный минеральными удобрениями. Для определения оптимального содержания компоста в составе субстрата проведен анализ математической взаимозависимости показателей: масса растений, масса сухого вещества и содержание компоста (% об) в составе субстрата. Доказано, что введение в состав торфяного субстрата 40–50% об. обеззараженного термоаммиачным способом компоста позволяет вырастить стандартную, выровненную по массе рассаду томата без минеральных удобрений.*

**Ключевые слова:** экологические риски, рассада томата, торф, обеззараженный компост.

*The intensification of agriculture through the use of high doses of mineral fertilizers gave rise to environmental problems: the deterioration of product quality and environmental pollution. Further development of the agricultural sector should be carried out through the creation of high technologies with minimal environmental risks.*

*To improve the quality of life of the population of Belarus, it is necessary to form a market for high-quality food products and organize the production of environmentally friendly products. Such products must be produced without the use of components in the technological cycle that can even potentially threaten human health.*

*The article substantiates the expediency of growing tomato seedlings on organic substrates without mineral fertilizers. The basis of the substrates was calcareous peat with a degree of decomposition of 25–40 %. The enrichment of the peat substrate with nutrients was achieved by introducing into its composition organic compost with a high fertilizer value, which does not contain pathogenic microflora, antibiotics, and weeds. The composting technology has been developed and patented in the Republic of Belarus.*

*To determine the composition of the substrate without mineral fertilizers, which ensures the full development of tomato plants in the seedling period, various doses of compost were added to peat. A peat substrate without compost additives, but enriched with mineral fertilizers, was used as a control.*

*To determine the optimal content of compost in the composition of the substrate, an analysis of the mathematical interdependence of indicators was carried out: the mass of plants, the mass of dry matter and the content of compost (% of volume) in the composition of the substrate. It has been proven that the introduction of 40–50 % vol. compost disinfected by the thermoammonia method allows you to grow standard tomato seedlings leveled by weight without mineral fertilizers.*

**Key words:** environmental risks, tomato seedlings, peat, disinfected compost.

### Введение

Комплекс изменений в сельском хозяйстве, который привёл к значительному увеличению производства продукции и получил название «зеленая революция», содержал наряду с созданием и использованием высокоурожайных сортов растений, расширением механизации и орошения широкое применение пестицидов и минеральных удобрений [1].

Интенсификация земледелия за счет применения высоких доз минеральных удобрений породила проблемы экологического характера: ухудшение качества продукции и загрязнение окружающей среды.

Во время мирового продовольственного кризиса стремительно растет число людей, которые сталкиваются с дефицитом продовольствия и нуждаются в срочной помощи. Сложившаяся ситуация свидетельствует о том, что сегодня необходимо устранять причины возникновения продовольственных кризисов [2], и в этих условиях мировое аграрное хозяйство демонстрирует использование различных моделей эффективного ведения агропромышленного производства [3]. Дальнейшая интенсификация земледелия должна осуществляться путем создания наукоемких технологий с минимальными экологическими рисками.

Такой подход дает возможность направить сегодняшнее развитие земледелия на более устойчивый путь посредством использования экологически чистых технологий в согласии с природой, и на современном этапе его сущность отражает термин «природные решения».

В сельском хозяйстве такие решения позволяют отрабатывать более эффективные методы управления агроэкосистемами и ландшафтами, повышая и поддерживая продуктивность, продовольственную безопасность и экономическую жизнеспособность, обеспечивая при этом устойчивое управление природными ресурсами, биоразнообразием и повышая устойчивость к кризисам, стихийным бедствиям и изменению климата [4].

Цель исследований – изучить особенности получения стандартной рассады томата при выращивании на органических субстратах без применения минеральных удобрений.

#### **Основная часть**

Для повышения качества жизни населения Беларуси ставится задача сформировать рынок, обеспечивающий удовлетворение потребительских нужд человека экологически чистыми продуктами питания. В связи с тем, что в последние годы интенсивность антропогенного влияния на окружающую среду существенно выросла, организация производства экологически чистой продукции приобретает особое значение. Такая продукция должна быть произведена без применения в технологическом цикле компонентов, которые даже потенциально могут угрожать здоровью людей.

В питании человека незаменимыми продуктами являются овощи. Их пищевая ценность обусловлена высоким содержанием легкоусвояемых углеводов, аминокислот и жирных органических кислот, эфирных масел, витаминов, пектиновых соединений, ароматических веществ и минеральных соединений, придающих блюдам оригинальный вкус и аромат [5, 6].

Среди овощных культур лидером по потреблению является томат – низкокалорийный (21–26 ккал на 100 г) овощ, содержащий в 100 г 1 % суточной нормы белка, жиров – 0 % и углеводов – 1 %. Из жирорастворимых витаминов в помидорах присутствуют А, бета-каротин, альфа-каротин, Е и К. Из водорастворимых – витамины С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub> (РР), В<sub>4</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub> и В<sub>9</sub>, комплекс минеральных солей, природный антиоксидант ликопин [7].

Урожайность томата и качество плодов формируются в процессе роста и развития растений, являясь результатом взаимного влияния процессов реализации генетической программы, метаболической деятельности, условий окружающей среды [8].

В республике Беларусь выращивание томата осуществляется рассадным способом. Условиями роста и развития растений в рассадный период во многом определяется выход стандартной рассады, урожайность и потребительские качества томата. Традиционно рассадку томата выращивают на органических субстратах на основе торфа. Обладая низкой плотностью сложения и высокой влагоемкостью, этот природный материал позволяет сформировать корнеобитаемую среду с благоприятным для растений соотношением твердых, жидких и газообразных компонентов. Несмотря на то, что в торфе среднее содержание азота колеблется от 0,8 до 3,2 %, потенциальным источником питания растений этот азот не является. Растениями усваиваются только его подвижные формы, их в низинном торфе около 8 % от общего содержания азота и до 26 % в верховом. Азот высвобождается из труднодоступных соединений в виде аммиака в процессе аммонификации, которая в чистом торфе протекает крайне медленно [9]. Если учесть небольшую продолжительность рассадного периода – 56–60 дней, то обеспечить азотное питание рассады томата за счет торфа невозможно. Торф содержит небольшое количество соединений фосфора (от 0,05 % до 0,6 %) и калия (от 0,05 % до 0,2 %) и практически не содержит микроэлементов, поэтому торфяной субстрат обогащают элементами питания, которые вносят в виде минеральных удобрений [10].

Нами была поставлена задача изучить возможности выращивания рассады томата на органических субстратах без минеральных удобрений. Основой субстратов являлся известкованный торф со степенью разложения 25–40 %.

Обогащение торфяного субстрата элементами питания может быть достигнуто за счет введения в состав субстрата органического компоста. В Республике Беларусь разработан и запатентован способ получения компоста с высокой удобрительной ценностью, не содержащий патогенной микрофлоры, антибиотиков, сорняков [11]. Технологическая схема получения обеззараженного компоста построена на использовании термодинамических циклов без выброса углекислого газа, аммиака, сероводорода в атмосферу. В качестве «подушки» укладывают подсушенный торф, затем – слой навоза, который засыпают соломенной резкой. И так формируют в штабеле 4–5 слоев. Поливают солому каждой прослойки азотным удобрением КАС. Для активного компостирования обычно выдерживается соотношение С : N от 25:1 до 30:1. При соотношении С:N ниже 20:1 задействуется весь доступный углерод без стабилизации всего азота. За счет опрыскивания слоев компостируемой смеси небольшим количеством азотного удобрения соотношение С:N будет меньше 15:1, поэтому неизбежно образование дополнительного количества аммиака. Термическая среда с повышенным содержанием аммиака обеспечивает уничтожение патогенных микроорганизмов [12].

Для определения состава субстрата без минеральных удобрений, обеспечивающего полноценное развитие растений томата в рассадный период, к торфу добавляли различные количества компоста. В качестве контроля использовали торфяной субстрат без добавок компоста, но обогащенный минеральными удобрениями. Стандартная рассада томата должна быть выравненной по биометрическим

характеристикам. Растения, не соответствующие требованиям, выбраковываются. Поэтому при оценке качества рассады мы наряду со средним значением массы растений и массы корневой системы оценивали их вариабельность (табл. 1).

Таблица 1. Масса рассады томата на субстратах различного состава

Вариант опыта	Состав субстрата	Масса растений, г	
		Вариация признака	Среднее значение
1	Торф 100 %+минеральные удобрения	35,4– 36,6 (3,5)	36,0
2	Торф 80 %+компост 20 %	33,1–38,9 (5,8)	34,0
3	Торф 65 %+ компост 35 %	38,8–40,6 (1,8)	39,7
4	Торф 50 %+компост 50 %	39,4–41,0 (1,6)	40,4
5	Торф 35 %+ компост 65 %	35,2–36,9 (1,7)	36,1
6	Торф 25 %+компост 75 %	32,9–33,4 (0,5)	33,2

Средняя масса растений, выращенных на стандартном субстрате (1 вариант, контроль) 36,0 г. При использовании торфяного субстрата без минеральных удобрений с 20 % добавкой компоста отмечена высокая вариабельность признака. Это обусловлено неоднородностью субстрата. Добавленный в таком количестве компост невозможно равномерно распределить в объеме торфа, вследствие чего условия питания растений различаются. При высокой вариабельности массы растений средняя масса растений оказалась ниже, чем на контроле и составили 34,0 г. С увеличением содержания компоста в составе субстрата вариабельность массы растений снижается, то есть на субстратах с содержанием компоста 35 % и выше выбраковка рассады томата по массе растений минимальная. При этом на субстратах, содержащих 35 и 50 % компоста, масса растений выше, чем на контроле: 39,7 и 40,4 г соответственно. При увеличении содержания компоста в субстрате до 65 % средняя масса растений практически такая же, как и на контроле. Но увеличение доли компоста в составе субстрата до 75 % привело к заметному снижению массы растений. В этом варианте опыта она составила в среднем всего 33,2 г. Для определения оптимального содержания компоста в составе субстрата проведен анализ математической взаимозависимости показателей: масса растений и содержание компоста (%<sub>об</sub>) в составе субстрата (рис. 1).

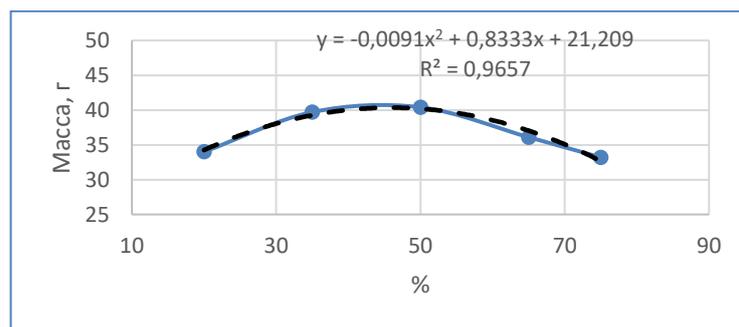


Рис. 1. Зависимость массы рассады томата от состава субстрата

Аппроксимация полученной зависимости полиномиальной кривой 2 степени с достоверностью  $R^2=0,97$  дает выраженный максимум признака (масса растений) при содержании компоста в составе субстрата 45–50 %. Одной из значимых характеристик качества рассады томата является также содержание сухого вещества в тканях растений. Сухое вещество растений состоит на 90–95 % из органических соединений и 5–10 % минеральных солей. К основным органическим веществам относятся белки и иные азотистые соединения (аминокислоты, пептиды), жиры (липиды, масла), углеводы (крахмал, сахара, глюкоза, фруктоза, целлюлоза, лигнин, клетчатка, пектиновые вещества) [7].

У рассады томата после формирования 3–4 настоящих листьев закладываются генеративные органы [5, 6]. Это значит, что содержание сухого вещества в растениях томата в рассадный период оказывает существенное влияние на урожайность и качество плодов. Введение в состав торфяного субстрата добавок обеззараженного компоста повлияло на содержание сухого вещества в рассаде томата (табл. 2).

Таблица 2. Содержание сухого вещества в растениях томата в конце рассадного периода на субстратах различного состава

Вариант опыта	Состав субстрата	Масса сухого вещества, г
1	Торф 100 %+минеральные удобрения	3,56
2	Торф 80 %+компост 20 %	2,78
3	Торф 65 %+ компост 35 %	4,54
4	Торф 50 %+компост 50 %	4,62
5	Торф 35 %+ компост 65 %	3,56
6	Торф 25 %+компост 75 %	3,01

При использовании субстрата с минеральными удобрениями масса сухого вещества растений в среднем составила 3,56 г. У рассады, выращенной на субстрате без минеральных удобрений, но с 20 %

добавкой компоста, содержание сухого вещества оказалось ниже и составило всего 2,78 г. Увеличение доли компоста в составе субстрата до 35–50 % способствовало активному накоплению сухого вещества в тканях растений, и концу рассадного периода этот показатель достиг 4,54 и 4,62 г соответственно. При увеличении содержания компоста до 65 % в растениях томата содержание сухого вещества оказалось практически таким же, как на контроле. Но дальнейшее наращивание доли компоста в составе субстрата привело к значительному снижению (до 3,01 %) содержания сухого вещества, что может свидетельствовать о нарушении питания растений в рассадный период.

Установленные различия в накоплении сухого вещества рассадой томата, выращенной на субстратах с различным содержанием компоста, позволили путем аппроксимации выделить зону максимума (рис. 2). При содержании в составе субстрата 40–50 % компоста растения томата накапливают наибольшее количество сухого вещества.

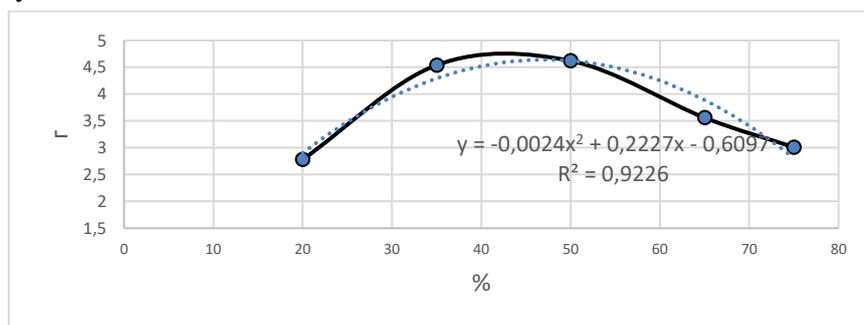


Рис. 2. Влияние состава субстрата на содержание сухого вещества в растениях томата в конце рассадного периода

### Заключение

1. Для минимизации экологических рисков целесообразно выращивать рассаду томата на органических субстратах без минеральных удобрений.
2. Обогащение элементами питания торфяного субстрата может быть достигнуто за счет добавок компоста, технология приготовления которого разработана и запатентована в Республике Беларусь.
3. Введение в состав торфяного субстрата обеззараженного термоаммиачным способом компоста 40–50 % об. позволяет вырастить стандартную выровненную по массе и содержанию сухого вещества рассаду томата без минеральных удобрений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин, Б. Плюсы и минусы зеленой революции / Б. Анохин // [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://credity.online/zelyonaya-revolyutsiya-plyusy-i-minusy/>
2. Для выхода из продовольственного кризиса необходимо устранять его коренные причины // [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://news.un.org/ru/story/2022/05/1423152>.
3. Киреенко, Н. В. Модели развития аграрного бизнеса в международной практике = Models of agrarian business development in international practice / Н. В. Киреенко // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2021. – № 1. – С. 22–40.
4. Арнес Гарсиа, М., Сантыванес, Т. В согласии с природой – природные решения для трансформирующего сельского хозяйства. Новая редакция доклада о природных решениях для региона Европы и Центральной Азии, подкрепляемая примерами системы сельскохозяйственного наследия мирового значения (ГИАХС). Будапешт, ФАО. 2021 г. // [Электронный ресурс] / Код доступа: <https://doi.org/10.4060/cb4934ru>.
5. В мире экологизированного и органического овощеводства / А. А. Аутко [и др.] – Гродно, 2019. – 220 с.
6. Технологии возделывания овощных, бахчевых культур, картофеля, пряно-ароматических и лекарственных растений / А. А. Аутко [и др.] / Нац. акад. наук. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 615 с.
7. Помидор (томат), грунтовый. Химический состав и пищевая ценность [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://health-diet.ru/base\\_of\\_food/sostav/808.php](https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/808.php).
8. Carbon allocation in fruit trees: from theory to modelling // [Электронный ресурс] / Код доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00468-007-0176-5>.
9. Голубина, О. А. Физикохимия и биология торфа: Использование торфа в сельском хозяйстве: учебно-методическое пособие / О. А. Голубина. – Томск: Томский ЦНТИ, 2011. – 45 с.
10. Торф // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.pesticidy.ru/active\\_compound/peat](https://www.pesticidy.ru/active_compound/peat).
11. Способ приготовления компоста многоцелевого назначения: пат 18125 Респ. Беларусь, C05F3/00, C05F17/00 / Н. Н. Гринчик, И. П. Козловская, Н. М. Горбачев, В. Л. Драгун, В. А. Жданок, П. А. Тиво, заявитель и патентообладатель ИТМО НАН Беларуси. – 2014.
12. Гринчик, Н. Н. Термоаммиачный способ компостирования органических отходов / Н. Н. Гринчик, И. П. Козловская // Белорусское сельское хозяйство. – 2015. – № 10 (162). – С. 92–93.

## ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕТЕРОЗИСА И ХАРАКТЕР НАСЛЕДОВАНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У ГИБРИДОВ F<sub>1</sub> ТОМАТА ЧЕРРИ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

А. Г. ХМАРСКИЙ, М. М. ДОБРОДЬКИН, Н. Ю. ЛЕЩИНА, А. М. ДОБРОДЬКИН

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: sasha.loki.97@gmail.com

(Поступила в редакцию 04.04.2023)

*Томат – одна из самых востребованных овощных культур. Выращивается томат и даёт продукцию практически круглый год с использованием открытого и защищённого грунта. В последнее время на рынке все более становится востребован томат черри. Плоды томата черри отличаются более высоким содержанием сухих веществ (1,5–2,0 раза) чем у крупноплодного томата, витаминов (В, С, РР и др.), каротина (провитамин А), сахаров (10,0–12,0 %), минеральных веществ и органических кислот. Так же повышение урожайности томата черри может быть достигнута за счет создания новых гибридов, на основе линий с функциональной мужской стерильностью (ФМС), что позволит сократить затраты ручного труда.*

*В статье представлены результаты исследования гибридов томата черри за 2021–2022 годы в защищенном грунте совместно с исходными формами. Дана оценка проявления эффекта гетерозиса по ранней, товарной, общей урожайности и массе плода. По основному признаку «товарная урожайность» в 2021 году 30 из 56 изучаемых образцов имели значения выше, чем у стандарта, и находились на уровне 4,83–9,48 кг/м<sup>2</sup>, а в 2022 большинство гибридных комбинаций (46 из 64) превысили стандарт на 5,1–78,5 %. Наибольший эффект гетерозиса по данному признаку отмечен у гибридов, в качестве отцовского компонента у которых выступали линии 025, 046 и 049.*

*Выявлены гибридные комбинации, обладающие высокими значениями гетерозиса и признаками продуктивности: Линия 19/1-1 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Линия 020, Линия 19/2-3 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь, Линия 19/1-1 x Виноградная гроздь. Установлено, что гибриды, имеющие высокий гетерозис, не всегда оказываются лучшими. По характеру наследования хозяйственно ценных признаков за два года исследований выявлено положительное сверхдоминирование по ранней, товарной и общей урожайности. По массе плода преобладало промежуточное наследование признака.*

**Ключевые слова:** *гибрид, томат черри, гетерозис, селекция, функциональная мужская стерильность, защищенный грунт.*

*Tomato is one of the most popular vegetable crops. Tomato is grown and produces almost all year round in the open and protected ground. Recently, cherry tomato has become more and more popular on the market. Cherry tomato fruits are distinguished by a higher content of dry matter (1.5–2.0 times) than that of a large-fruited tomato, vitamins (B, C, PP, etc.), carotene (provitamin A), sugars (10.0–12.0%), minerals and organic acids. Also, an increase in the yield of cherry tomato can be achieved by creating new hybrids based on lines with functional male sterility (FMS), which will reduce manual labor costs.*

*The article presents the results of a study of cherry tomato hybrids for 2021–2022 in protected ground together with the original forms. An assessment of the manifestation of the effect of heterosis according to early, marketable, total yield and fruit weight is given. According to the main feature “commercial yield”, in 2021, 30 out of 56 studied samples had values higher than the standard, and were at the level of 4.83–9.48 kg/m<sup>2</sup>, and in 2022, most hybrid combinations (46 out of 64) exceeded standard by 5.1–78.5 %. The greatest effect of heterosis on this trait was noted in hybrids, in which lines 025, 046 and 049 acted as the paternal component.*

*Hybrid combinations with high values of heterosis and productivity traits were identified: Line 19/1-1 x Line 049, Line 19/2-1 x Line 020, Line 19/2-3 x Line 049, Line 19/2-1 x Grape bunch, Line 19/1-1 x Grape bunch. It has been established that hybrids with high heterosis are not always the best. According to the nature of the inheritance of economically valuable traits, over two years of research, a positive overdominance was revealed in terms of early, marketable and total yields. In terms of fruit weight, intermediate inheritance of the trait prevailed.*

**Key words:** *hybrid, cherry tomato, heterosis, selection, functional male sterility, protected ground.*

### Введение

Производство овощной продукции относится к наиболее трудоемким и энергозатратным отраслям сельскохозяйственного производства как в открытом, так и в защищенном грунте. Защищенный грунт обеспечивает круглогодичное производство свежей овощной продукции, в том числе томата, решая проблему сбалансированного и полноценного питания человека в течение года. Удельный вес культуры томата в мировом производстве овощей составляет около 14,3 % и возделывается на площади более 2,5 млн га. [7].

В Республике Беларусь томат возделывается в овощеводческих, фермерских хозяйствах и частном секторе как в защищенном, так и открытом грунте. Дальнейшее расширение площадей под культурой томата требует обеспечения рынка достаточным количеством районированных и созданием новых отечественных сортов и гибридов, адаптированных к погоднo-климатическим условиям республики. Селекционная работа при создании гибридов непосредственно связана с проявлением эффекта гетерозиса и базируется на оценке хозяйственно ценных признаков гибридных комбинаций совместно с исходными формами [1]. Явление гетерозиса в настоящее время широко используется в растениеводстве как в Республике Беларусь, так и за рубежом. Селекция на гетерозис позволяет быстрее реагировать на запросы рынка, так как рынок овощной продукции очень динамичен и изменчив [2, 3].

Гетерозис по характеру проявления классифицируется на истинный (превышение над лучшей родительской формой), конкурсный (по отношению к стандарту) и гипотетический (превосходство над

средним показателем исходных форм) [4]. Производство гибридных семян связано с большими затратами ручного труда, решение данной проблемы заключается в использовании функциональной мужской стерильности (ФМС), что позволяет снизить затраты ручного труда в несколько раз [8]. Основным селекционным преимуществом применения функциональной мужской стерильности является получение гибридов без предварительной кастрации, маркировки и изоляции цветков, а также возможностью легко поддерживать линии с ФМС в чистом виде методом принудительного опыления собственной пылью [9, 10].

Целью работы является создание гибридов F<sub>1</sub> томата черри для защищенного грунта на основе линий с функциональной мужской стерильностью.

### Основная часть

Научно-исследовательская работа проводилась в защищенном грунте на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА. Объектом исследования являлись гибриды F<sub>1</sub> томата черри, созданные по схеме топкроссов, в 2021 году 8 x 7, а в 2022 году 8 x 8 (56 и 64 гибридные комбинации соответственно) совместно с исходными формами. В качестве материнских форм использовались линии с функциональной мужской стерильностью и маркерным признаком «картофельный лист» (ФМС+с). Отцовским компонентом являлись линии, несущие аллели генов качества, лежкости плодов, устойчивости к болезням и вредителям – Линия 09 (*I2C; Mi1.2; Tm2<sup>2</sup>; cf4A, cf5, cf9*), Линия 020 (*nor; I2; Mi1.2; cf5; cf4; cf9*), Линия 046 (*I2; Mi1.2; cf4A; cf9*), Линия 049 (*I2C; Tm2<sup>2</sup>; cf4A; cf9*).

Закладку опыта проводили по схеме 70 x 30 см. в 3-кратной повторности по 3 растения на делянке. Доза удобрений N<sub>60</sub> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sub>120</sub> (K<sub>2</sub>O)<sub>120</sub>. Агротехника общепринятая для томата защищенного грунта. В качестве стандарта использовался гибрид Миноприо F<sub>1</sub>. Истинный гетерозис оценивали как процент превышения значения признака у гибрида F<sub>1</sub> над значением лучшей родительской линии  $\Gamma_{ист} = [(F_1 - P_{лучш.}) / P_{лучш.}] \times 100 \%$ . Степень доминирования (степень фенотипического проявления признака) оценивали посредством сравнения средней выраженности признака у гибрида и обеих родительских форм по методу Дж. Л. Брюбейкера [5].

Степень доминирования (Hr) определяли по формуле:  $Hr = (F_1 - M_p) / (P_{лучш.} - M_p)$ ; где F<sub>1</sub> – это значение изучаемого признака у гибрида, P<sub>лучш.</sub> – лучший показатель у одной из исходных форм, M<sub>p</sub> – среднее значение признака у исходных форм. При условии hr > 1 классифицировали сверхдоминирование, hr = 0,5–1,0 – положительное доминирование, при hr в диапазоне от +0,5 до -0,5 – промежуточное наследование, при hr = 0,5 до -1,0 – отрицательное доминирование, при hr < -1,0 – отрицательный гетерозис.

Хозяйственно ценные признаки гибридных комбинаций и исходных форм, а также гетерозис за 2021 год представлены в табл. 1. Оценка ранней урожайности обусловлена необходимостью отбора скороспелых форм, способных давать раносозревающие плоды для употребления в свежем виде. По признаку «ранняя урожайность» выявлено 7 гибридных комбинаций, превосходящих стандарт Миноприо F<sub>1</sub> (1,10 кг/м<sup>2</sup>) на 1,0–41,0 %, из которых наиболее раннеспелыми были комбинации: Линия 19/2-1 x Линия 09 и Линия 19/2-3 x Линия 049 (1,56 кг/м<sup>2</sup>). Анализ проявления гетерозиса позволил установить, что большинство гибридных комбинаций по ранней урожайности имели положительное значение гетерозиса от 1,1 % (Линия 19/1-1 x Линия 031) до 320,0 % (Линия 19/8-3 x Линия 018).

Таблица 1. Истинный гетерозис томата черри за 2021 год, %

Образец	Ранняя урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Гетерозис, %	Товарная урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Гетерозис, %	Общая урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Гетерозис, %	Масса плода, г	Гетерозис, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Миноприо F <sub>1</sub> St.	1,1	–	4,8	–	6,41	–	11,3	–
Линия 09	0,51	–	1,85	–	2,24	–	6,7	–
Линия 018	0,2	–	2,09	–	2,61	–	10,3	–
Линия 020	0,72	–	4,11	–	6,34	–	8,3	–
Линия 025	0,41	–	1,83	–	2,74	–	11,3	–
Линия 031	0,88	–	3,67	–	4,44	–	7,7	–
Линия 046	0,68	–	3,32	–	5,14	–	5,8	–
Линия 049	0,83	–	3,91	–	4,48	–	10,4	–
Линия 19/1-1*	–	–	–	–	–	–	20,0	–
Линия 19/1-3*	–	–	–	–	–	–	25,3	–
Линия 19/1-4*	–	–	–	–	–	–	24,5	–
Линия 19/2-1*	–	–	–	–	–	–	44,4	–
Линия 19/2-3*	–	–	–	–	–	–	45,8	–
Линия 19/4-3*	–	–	–	–	–	–	15,5	–
Линия 19/8-3*	–	–	–	–	–	–	24,4	–
Линия 362*	–	–	–	–	–	–	26,8	–
19/1-1 x 09	0,55	7,8	3,27	76,8	4,85	116,5	15,49	-22,6

Продолжение таблицы 1

19/1-1 x 018	0,61	205,0	3,71	77,5	5,34	104,6	18,49	-7,6
19/1-1 x 020	0,38	-47,2	5,15	25,3	6,84	7,9	15,51	-22,5
19/1-1 x 025	0,91	122,0	5,19	183,6	7,19	162,4	16,75	-16,3
19/1-1 x 031	0,89	1,1	4,18	13,9	5,41	21,8	11,59	-42,1
19/1-1 x 046	0,59	-13,2	5,48	65,1	7,73	50,4	15,75	-21,3
19/1-1 x 049	1,37	65,1	8,4	114,8	9,73	117,2	22,96	14,8
19/1-3 x 09	0,79	54,9	3,16	70,8	4,32	92,9	17,69	-30,1
19/1-3 x 018	0,18	-10,0	4,46	113,4	5,73	119,5	11,58	-54,2
19/1-3 x 020	0,41	-43,1	7,3	77,6	9,53	50,3	22,49	-11,1
19/1-3 x 025	0,7	70,7	5,03	174,9	7,06	157,7	19,2	-24,1
19/1-3 x 031	0,88	0,0	5,12	39,5	6,50	46,4	10,42	-58,8
19/1-3 x 046	0,66	-2,9	4,87	46,7	6,42	24,9	13,46	-46,8
19/1-3 x 049	1,31	57,8	7,0	79,0	8,17	82,4	20,87	-17,5
19/1-4 x 09	0,76	49,0	3,81	105,9	4,87	117,4	15,56	-36,5
19/1-4 x 018	0,15	-25,0	2,1	0,5	2,83	8,4	15,13	-38,2
19/1-4 x 020	0,55	-23,6	5,66	37,7	7,52	18,6	19,87	-18,9
19/1-4 x 025	0,8	95,1	5,09	178,1	6,66	143,1	22,51	-8,1
19/1-4 x 031	1,21	37,5	5,49	49,6	6,39	43,9	10,31	-57,9
19/1-4 x 046	0,68	0,0	4,71	41,9	6,46	25,7	15,15	-38,2
19/1-4 x 049	1,0	20,5	7,05	80,3	7,93	77,0	22,12	-9,7
19/2-1 x 09	1,56	205,9	5,3	186,5	7,41	230,8	20,41	-54,0
19/2-1 x 018	0,89	345,0	5,11	144,5	6,81	160,9	19,79	-55,4
19/2-1 x 020	0,53	-26,4	9,48	130,7	11,55	82,2	20,59	-53,6
19/2-1 x 025	0,86	109,8	5,94	224,6	7,35	168,2	20,89	-53,0
19/2-1 x 031	1,01	14,8	5,0	36,2	6,05	36,3	12,57	-71,7
19/2-1 x 046	0,76	11,8	5,89	77,4	7,85	52,7	14,64	-67,0
19/2-1 x 049	1,48	78,3	7,12	82,1	8,02	79,0	21,15	-52,4
19/2-3 x 09	0,77	51,0	3,24	75,1	4,63	106,7	18,82	-58,9
19/2-3 x 018	0,72	260,0	4,97	137,8	6,21	137,9	21,59	-52,9
19/2-3 x 020	0,9	25,0	6,5	58,2	8,45	33,3	19,96	-56,4
19/2-3 x 025	0,97	136,6	6,85	274,3	8,61	214,2	33,78	-26,2
19/2-3 x 031	0,8	-9,1	4,65	26,7	5,89	32,7	11,67	-74,5
19/2-3 x 046	0,68	0,0	6,46	94,6	8,25	60,5	17,59	-61,6
19/2-3 x 049	1,56	88,0	7,77	98,7	8,85	97,5	21,56	-52,9
19/4-3 x 09	0,19	-62,7	1,27	-31,4	2,25	0,4	8,67	-44,1
19/4-3 x 018	0,24	20,0	1,8	-13,9	2,65	1,5	10,58	-31,7
19/4-3 x 020	0,33	-54,2	4,26	3,6	5,97	-5,8	11,02	-28,9
19/4-3 x 025	0,93	126,8	3,6	96,7	4,63	69,0	18,27	17,9
19/4-3 x 031	0,79	-10,2	4,09	11,4	4,90	10,4	7,39	-52,3
19/4-3 x 046	0,58	-14,7	2,33	-29,8	3,33	-35,2	10,45	-32,6
19/4-3 x 049	1,0	20,5	5,4	38,1	6,12	36,6	18,91	22,0
19/8-3 x 09	0,63	23,5	3,73	101,6	5,25	134,4	21,32	-12,6
19/8-3 x 018	0,84	320,0	4,87	133,0	7,50	187,4	14,74	-39,6
19/8-3 x 020	0,76	5,6	6,31	53,5	7,93	25,1	20,98	-14,0
19/8-3 x 025	1,03	151,2	4,45	143,2	6,52	138,0	14,99	-38,6
19/8-3 x 031	0,62	-29,5	3,22	-12,3	5,25	18,2	9,33	-61,8
19/8-3 x 046	0,86	26,5	6,16	85,5	8,86	72,4	13,26	-45,7
19/8-3 x 049	0,97	16,9	6,47	65,5	7,04	57,1	18,31	-25,0
362 x 09	0,52	2,0	2,49	34,6	3,94	75,9	12,5	-53,4
362 x 018	0,65	225,0	3,26	56,0	4,67	78,9	16,07	-40,0
362 x 020	0,79	9,7	4,83	17,5	6,91	9,0	15,27	-43,0
362 x 025	0,95	131,7	4,02	119,7	5,69	107,7	20,24	-24,5
362 x 031	1,04	18,2	4,65	26,7	6,18	39,2	9,11	-66,0
362 x 046	1,12	64,7	4,41	32,8	6,24	21,4	9,34	-65,1
362 x 049	1,02	22,9	6,74	72,4	8,29	85,0	16,69	-37,7
НСР <sub>05</sub>	0,128	–	0,382	–	0,409	–	1,109	–

\*Примечание: материнские образцы не сформировали урожайность т.к. они стерильны (ФМС).

Товарная урожайность – основной признак, определяющий хозяйственно полезную часть урожая [6]. Анализ товарной урожайности показал, что 30 из 56 изучаемых образцов имели значения выше, чем у стандарта, и находились на уровне 4,83–9,48 кг/м<sup>2</sup>. Максимальную товарную урожайность сформировала гибридная комбинация Линия 19/2-1 x Линия 020 (9,48 кг/м<sup>2</sup>). Наибольший эффект гетерозиса по данному признаку отмечен у гибридов, в качестве отцовского компонента у которых выступали

линии 025, 046 и 049. Превышение лучших гибридов по товарной урожайности над лучшим родителем колебалось от 0,5 % (Линия 19/1-4 x Линия 018) до 274,3 % (Линия 19/2-3 x Линия 025).

Гибридные комбинации, обладающие высоким эффектом гетерозиса, не всегда могут соответствовать высоким значениям признака. Например, товарная урожайность у гибридных комбинаций – Линия 19/2-1 x Линия 020 и Линия 19/2-3 x Линия 025 находится на уровне 9,48 кг/м<sup>2</sup> и 6,85 кг/м<sup>2</sup>, а эффект гетерозиса составил 130,7 % и 274,3 % соответственно. По общей урожайности следует выделить комбинацию Линия 19/2-1 x Линия 020 с урожайностью 11,55 кг/м<sup>2</sup> и истинным гетерозисом в 82,2 %, также высокий эффект гетерозиса отмечен у комбинаций с отцовскими линиями 09, 025, 018, 049.

Признак «средняя масса товарного плода» имеет определяющую роль в селекции томата черри. Оптимальной средней массой товарного плода считается от 7 до 25 граммов. В наших исследованиях в качестве отцовского компонента скрещивания выступали образцы с массой плода 8–12 граммов с целью снижения массы плода в гибридных комбинациях, так как в качестве материнского компонента выступали стерильные линии с массой плода от 20 до 46 граммов. Исходя из вышесказанного, истинный гетерозис по средней массе товарного плода отрицательный у всех комбинаций за исключением Линия 19/1-1 x Линия 049 и Линия 19/4-3 x Линия 025.

Результаты 2022 года исследования представлены в табл. 2. По ранней урожайности превзошли стандарт Миноприо F<sub>1</sub> 28 комбинаций на 4,0–83,1 %. Наибольшим значением эффекта гетерозиса обладали гибриды с Линией 09 (от 165 % до 517,2 %), что связано с низкой ранней урожайностью вышеуказанной линии.

По товарной урожайности следует отметить отцовские линии 025 и Виноградная гроздь, имеющие значение признака на уровне 7,24 и 5,58 кг/м<sup>2</sup>. Большинство гибридных комбинаций (46 из 64) превысили стандарт Миноприо F<sub>1</sub> (4,62 кг/м<sup>2</sup>) на 5,1–78,5 %, а также характеризовались высокими значениями гетерозиса до 232,0 %.

Таблица 2. Истинный гетерозис томата черри за 2022 год, %

Образец	Ранняя урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Гетерозис, %	Товарная урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Гетерозис, %	Общая урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Гетерозис, %	Масса плода, г	Гетерозис, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Миноприо F <sub>1</sub> St.	1,01	–	4,62	–	5,3	–	14,4	–
Линия 09	0,29	–	1,67	–	2,29	–	9,0	–
Линия 018	0,49	–	3	–	3,49	–	15,6	–
Линия 020	0,63	–	3,28	–	4,77	–	10,8	–
Линия 025	1,28	–	7,24	–	8,97	–	17,6	–
Линия 031	0,33	–	1,68	–	2,39	–	7,0	–
Линия 046	0,82	–	3,92	–	5,04	–	7,7	–
Линия 049	0,62	–	3,74	–	4,19	–	10,1	–
Линия 19/1-1*	–	–	–	–	–	–	40,6	–
Линия 19/1-3*	–	–	–	–	–	–	37,5	–
Линия 19/1-4*	–	–	–	–	–	–	32,9	–
Линия 19/2-1*	–	–	–	–	–	–	60,3	–
Линия 19/2-3*	–	–	–	–	–	–	52,7	–
Линия 19/4-3*	–	–	–	–	–	–	21,1	–
Линия 19/8-3*	–	–	–	–	–	–	27,9	–
Линия 362*	–	–	–	–	–	–	31,1	–
Виноградная гроздь	1,26	–	5,58	–	6,69	–	7,6	–
19/1-1 x 09	1,79	517,2	5,21	212,0	6,23	172,1	17,0	-58,2
19/1-1 x 018	0,67	36,7	5,61	87,0	6,99	100,3	19,6	-51,7
19/1-1 x 020	1,43	127,0	6,62	101,8	7,87	65,0	20,4	-49,8
19/1-1 x 025	1,43	11,7	6,11	-15,6	7,46	-16,8	17,2	-57,7
19/1-1 x 031	1,57	375,8	4,9	191,7	7,2	201,3	15,0	-63,1
19/1-1 x 046	1,1	34,1	6,05	54,3	7,37	46,2	16,0	-60,6
19/1-1 x 049	1,85	198,4	7,77	107,8	8,53	103,6	21,3	-47,4
19/1-3 x 09	1,34	362,1	4,91	194,0	5,81	153,7	17,7	-52,9
19/1-3 x 018	0,35	-28,6	4,4	46,7	5,51	57,9	18,6	-50,4
19/1-3 x 020	0,42	-33,3	6,68	103,7	8,28	73,6	23,0	-38,6
19/1-3 x 025	0,97	-24,2	5,89	-18,6	7,27	-19,0	19,0	-49,3
19/1-3 x 031	0,78	136,4	4,43	163,7	5,68	137,7	14,4	-61,6
19/1-3 x 046	0,49	-40,2	4,24	8,2	5,81	15,3	16,1	-57,1
19/1-3 x 049	0,99	59,7	6,9	84,5	7,81	86,4	19,9	-46,9
19/1-4 x 09	1,11	282,8	4,47	167,7	5,71	149,3	17,6	-46,6

19/1-4 x 018	0,35	-28,6	3,78	26,0	4,7	34,7	18,4	-44,1
19/1-4 x 020	0,9	42,9	6,83	108,2	8,27	73,4	19,0	-42,1
19/1-4 x 025	1,07	-16,4	6,44	-11,0	7,42	-17,3	21,0	-36,3
19/1-4 x 031	0,44	33,3	2,84	69,0	4,49	87,9	11,4	-65,2
19/1-4 x 046	1,17	42,7	4,51	15,1	5,61	11,3	15,7	-52,3
19/1-4 x 049	1,05	69,4	5,59	49,5	6,32	50,8	18,9	-42,4
19/2-1 x 09	1,38	375,9	5,55	232,3	6,87	200,0	19,8	-67,1
19/2-1 x 018	0,87	77,6	3,93	31,0	5,19	48,7	22,0	-63,5
19/2-1 x 020	0,59	-6,3	6,18	88,4	8,43	76,7	20,8	-65,6
19/2-1 x 025	1,13	-11,7	6,14	-15,2	7,44	-17,1	21,5	-64,4
19/2-1 x 031	0,81	145,5	4,86	189,3	6,23	160,7	18,8	-68,8
19/2-1 x 046	0,83	1,2	5,65	44,1	7,44	47,6	18,7	-68,9
19/2-1 x 049	1,3	109,7	6,53	74,6	7,22	72,3	19,8	-67,2
19/2-3 x 09	1,28	341,4	5,36	221,0	6,66	190,8	18,2	-65,4
19/2-3 x 018	1,17	138,8	6,69	123,0	8,14	133,2	19,3	-63,4
19/2-3 x 020	0,92	46,0	6,53	99,1	8,04	68,6	28,1	-46,7
19/2-3 x 025	1,23	-3,9	7,95	9,8	9,41	4,9	27,3	-48,2
19/2-3 x 031	1,39	321,2	5,03	199,4	7,01	193,3	17,8	-66,3
19/2-3 x 046	1,01	23,2	6,21	58,4	8,72	73,0	17,6	-66,7
19/2-3 x 049	1,22	96,8	6,94	85,6	8,05	92,1	22,6	-57,1
19/4-3 x 09	0,91	213,8	4,34	159,9	5,54	141,9	16,8	-20,2
19/4-3 x 018	0,3	-38,8	1,97	-34,3	2,85	-18,3	15,3	-27,4
19/4-3 x 020	0,51	-19,0	2,51	-23,5	3,65	-23,5	15,0	-28,9
19/4-3 x 025	0,92	-28,1	3,95	-45,4	5,31	-40,8	16,6	-21,5
19/4-3 x 031	0,48	45,5	2,1	25,0	4,22	76,6	11,7	-44,5
19/4-3 x 046	0,68	-17,1	3,53	-9,9	5,06	0,4	13,6	-35,7
19/4-3 x 049	0,48	-22,6	4,32	15,5	5,27	25,8	16,5	-21,8
19/8-3 x 09	0,77	165,5	3,96	137,1	5,27	130,1	15,9	-43,0
19/8-3 x 018	0,72	46,9	6,03	101,0	7,78	122,9	15,5	-44,6
19/8-3 x 020	0,98	55,6	5,83	77,7	7,51	57,4	19,7	-29,5
19/8-3 x 025	1,17	-8,6	5,94	-18,0	7,81	-12,9	18,2	-34,8
19/8-3 x 031	0,24	-27,3	3,45	105,4	5,32	122,6	13,5	-51,7
19/8-3 x 046	0,88	7,3	6,33	61,5	9,56	89,7	17,5	-37,3
19/8-3 x 049	1,15	85,5	6,96	86,1	7,76	85,2	17,9	-35,8
362 x 09	1,68	479,3	5,9	253,3	7,2	214,4	16,9	-45,6
362 x 018	0,4	-18,4	4,21	40,3	5,31	52,1	18,0	-42,2
362 x 020	0,94	49,2	8,25	151,5	9,74	104,2	18,0	-42,1
362 x 025	1,41	10,2	6,86	-5,2	7,74	-13,7	28,2	-9,4
362 x 031	0,66	100,0	2,97	76,8	4,02	68,2	19,1	-38,7
362 x 046	1,05	28,0	6,01	53,3	7,74	53,6	15,7	-49,4
362 x 049	1,07	72,6	6,14	64,2	7,1	69,5	17,8	-42,7
19/1-1 x Вин. гр.	0,69	-45,2	7,2	29,0	8,63	29,0	19,5	-52,0
19/1-3 x Вин. гр.	0,97	-23,0	6,17	10,6	7,65	14,3	18,8	-49,8
19/1-4 x Вин. гр.	0,46	-63,5	6,5	16,5	7,9	18,1	18,9	-42,6
19/2-1 x Вин. гр.	1,12	-11,1	7,69	37,8	9,7	45,0	15,7	-73,9
19/2-3 x Вин. гр.	0,77	-38,9	6,01	7,7	7,97	19,1	18,6	-64,7
19/4-3 x Вин. гр.	0,6	-52,4	4,23	-24,2	5,68	-15,1	15,6	-26,2
19/8-3 x Вин. гр.	0,98	-22,2	6,3	12,9	7,7	15,1	14,4	-48,4
362 x Вин. гр.	1,17	-7,1	5,51	-1,3	7,3	9,1	15,5	-50,1
НСР <sub>05</sub>	0,091	-	0,335	-	0,340	-	1,074	-

\*Примечание: материнские образцы не сформировали урожайность т.к. они стерильны (ФМС).

По общей урожайности и проявлению эффекте гетерозиса выделяются те же образцы и гибридные комбинации, что и по товарной урожайности. Истинный гетерозис по массе товарного плода у всех гибридных комбинаций был отрицательный. Для получения более достоверной информации о характере наследования хозяйственно ценных признаков нами был проведен анализ изучаемых образцов по степени доминирования (табл. 3).

Таблица 3. Степень доминирования по хозяйственно ценным признакам гибридов томата черри за 2021–2022 гг.

Признак	Параметр	Hp < -1	-1 < Hp < -0,5	-0,5 < Hp < +0,5	+0,5 > Hp < +1	Hp > +1
2021						
Ранняя урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	7,0	8,0	41,0
	%	0,0	0,0	12,5	14,3	73,2
Товарная урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	0,0	4	52
	%	0,0	0,0	0,0	7,1	92,9
Общая урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	0,0	2	54
	%	0,0	0,0	0,0	3,6	96,4
Масса плода	Количество генотипов	3	6	35	11	1
	%	5,3	10,8	62,5	19,6	1,8
2022						
Ранняя урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	11	14	39
	%	0,0	0,0	17,2	21,9	60,9
Товарная урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	3	9	52
	%	0,0	0,0	4,7	14,1	81,2
Общая урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	1	9	54

	%	0,0	0,0	1,5	14,1	84,4
Масса плода	Количество генотипов	4	23	36	1	
	%	6,2	36,0	56,3	1,5	
В среднем за два года						
Ранняя урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	9,0	11,0	40,0
	%	0,0	0,0	14,9	18,1	67,1
Товарная урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	1,5	6,5	52,0
	%	0,0	0,0	2,4	10,6	87,1
Общая урожайность	Количество генотипов	0,0	0,0	0,5	5,5	54,0
	%	0,0	0,0	0,8	8,9	90,4
Масса плода	Количество генотипов	3,5	14,5	35,5	6,0	0,5
	%	5,8	23,4	59,4	10,6	0,9

По ранней урожайности положительное сверхдоминирование ( $H_p > 1$ ) в 2021 году было отмечено у 73,2 %, в 2022 году – у 60,9 % и в среднем за два года – у 67,1 % комбинаций. В условиях защищенного грунта положительное сверхдоминирование по товарной урожайности проявилось у 92,9 % в 2021 году, 81,2 % в 2022 году и 87,1 % гибридов в среднем по годам. Высокий процент гибридных комбинаций с положительным гетерозисом отмечен по общей урожайности (90,4 % комбинаций). По массе товарного плода в 2021 году в большинстве случаев выявлено промежуточное наследование (62,5 %), а в 2022 году –56,3 %, в среднем за два года преобладает промежуточное наследование – 59,4 %.

### Заключение

Результаты исследований 2021 года позволили выявить 7 гибридных комбинаций, превосходящих стандарт Миноприо F<sub>1</sub> (1,10 кг/м<sup>2</sup>) по ранней урожайности на 1,0–41,0 % с эффектом гетерозиса от 1,1–320,0 %, а в 2022 году 28 комбинаций, превосходящих стандарт Миноприо F<sub>1</sub> (1,0 кг/м<sup>2</sup>) на 4,0 – 83,1 % с эффектом гетерозиса 1,2–517,2 %.

В 2021 году 30 из 56 изучаемых образцов имели значения выше, чем у стандарта, и находились на уровне 4,83–9,48 кг/м<sup>2</sup>. Наибольший эффект гетерозиса по данному признаку отмечен у гибридов, в качестве отцовского компонента у которых выступали линии 025, 046 и 049. В 2022 большинство гибридных комбинаций (46 из 64) превысили стандарт Миноприо F<sub>1</sub> (4,62 кг/м<sup>2</sup>) на 5,1–78,5 %, а также характеризовались высокими значениями гетерозиса – до 232,0 %. Установлено, что гибриды, имеющие высокий процент гетерозиса, не всегда оказываются лучшими.

По характеру наследования хозяйственно ценных признаков за два года исследований выявлено положительное сверхдоминирование по ранней (67,0 %), товарной (87,0 %) и общей урожайности (90,4 %). По массе плода преобладало промежуточное наследование признака (59,4 %).

Оценка эффекта гетерозиса в среднем за два года позволила выявить гибридные комбинации, обладающие высокими значениями гетерозиса и хозяйственно ценных признаков: Линия 19/1-1 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Линия 020, Линия 19/2-3 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь, Линия 19/1-1 x Виноградная гроздь. Также необходимо отметить отцовские Линия 025 и Виноградная гроздь, которые во второй год исследований обладали более высокой ранней и товарной урожайностью по сравнению со стандартом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Проявление эффекта гетерозиса по хозяйственно-ценным признакам у томата в открытом грунте / А. М. Добродькин [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2. – С. 140–143.
2. Варивода, Е. А. Оценка степени доминирования и гетерозисного эффекта арбуза столового по основным хозяйственным признакам / Е. А. Варивода, Г. В. Варивода, О. Г. Вербитская // Овощи России. – 2022. – № 4. – С. 23–27.
3. Хотылева, Л. В. Теоретические аспекты гетерозиса / Л. В. Хотылева, А. В. Кильчевский, М. Н. Шаптуренко // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – № 20(4). – 482–492.
4. Мазер, К. Биометрическая генетика / К. Мазер, Дж. Джинкс. – М.: Мир, 1985. – 463 с.
5. Брюейкер, Дж. Л. Сельскохозяйственная генетика / Дж. Л. Брюейкер. – М.: Колос, 1966. – 224 с.
6. Хмарский, А. Г. Оценка эффекта гетерозиса у томата черри по хозяйственно ценным признакам в защищенном грунте / А. Г. Хмарский // Современные проблемы использования почв и повышения их плодородия: сборник статей по материалам XIX Междунар. науч. практ. конф., посвященной 100-летию кафедры почвоведения БГСХА: в 2 ч. – Горки, 2022. – Ч. 2. – С. 342–346.
7. Скорина, В. В. Использование комплексных удобрений при выращивании томата в защищенном грунте / В. В. Скорина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – №1. – С. 84–87.
8. Даскалов, Х. Использование МС и других средств, обеспечивающих получение гибридных семян томатов / Х. Даскалов, Х. Георгиев, С. Даскалов. – София, 1965. – 178 с.
9. Добродькин, М. М. Создание партенокарпических гетерозисных гибридов томата для пленочных теплиц на основе функциональной мужской стерильности: автореф. дис. канд. с.-х. наук 06.01.05 / М. М. Добродькин; Белорус. с.-х. акад. – Горки, 2004. – 18 с.
10. Генетические основы селекции растений. В 4 т. Т. 2. Частная генетика растений / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т генетики и цитологии. – 2-е изд., испр., перераб. и доп. – Минск: Беларуская навука, 2020. – С. 507–511.

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ ПОСЕВНОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ, ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПОСЕВОВ ОТ СОРНЯКОВ

Н. Ф. НАДТОЧАЕВ, Д. Н. ВОЛОДЬКИН, А. З. БОГДАНОВ

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,  
г. Жодино, Республика Беларусь, 222164, e-mail: corn2007@mail.ru

(Поступила в редакцию 10.04.2023)

По результатам исследований, проведенных в 2020–2022 гг. на связносупесчаной почве Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию, по изучению влияния предшественников (ячмень и кукуруза на зерно), способов и сроков основной и предпосевной обработки почвы, химической защиты посевов на засоренность и урожайность люцерны посевной определена экономическая эффективность выращивания растений в звене: предшествующая культура + люцерна 1-го и 2-го года жизни. Расчеты показали, что при возделывании кукурузы на зерно расходы на ГСМ в 1,8 раза, на пестициды в 10,1 раза, на семена в 2,7 раза больше, чем на выращивание ячменя и в итоге 1 гектар выращивания и уборки кукурузы обходится в 2474,93 руб., ячменя – в 1,6 раза дешевле. Несмотря на большие материальные вложения в выращивание кукурузы и доработку урожая зерна, благодаря высокой ее урожайности обеспечивается рентабельное производство культуры – 83,6 %, в то время как по ячменю уровень рентабельности составил лишь 2,2 %. При размещении люцерны посевной после кукурузы лучшим вариантом подготовки почвы под нее является осенняя вспашка, ранневесеннее дискование, следом обработка АКШ, прикатывание до и после посева или вариант с дополнительной ранневесенней культивацией и более поздним посевом. При этом химическая защита посевов люцерны от сорняков не требуется. Такое выращивание люцерны в среднем за 3 года вместе с предшествующей культурой обеспечивает самую низкую себестоимость кормовой единицы (217,45–220,47 руб/т) и максимальный уровень рентабельности (76,9–79,3 %). При размещении люцерны после ячменя наиболее выгодным вариантом обработки почвы под нее является осеннее дискование с аналогичной ранневесенней предпосевной подготовкой почвы и обязательным внесением гербицидов Родимич, 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га или осенняя вспашка с дополнительной ранневесенней культивацией и более поздним посевом без применения химической защиты от сорняков, при которых себестоимость кормовых единиц составила 259,67–265,20 руб./т, рентабельность – 38,4–41,4 %.

**Ключевые слова:** люцерна, чистый доход, себестоимость, предшественник, обработка почвы, гербицид.

According to the results of research conducted in 2020–2022 on cohesive sandy soil of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture into the influence of predecessors (barley and corn for grain), methods and terms of basic and presowing tillage, and chemical protection of crops on weediness and yield of alfalfa, the economic efficiency of growing plants was determined in the link: previous crop + alfalfa of the 1st and 2nd year of life. Calculations showed that when growing corn for grain, the cost of fuel and lubricants is 1.8 times, for pesticides 10.1 times, for seeds 2.7 times higher than for growing barley, and as a result, 1 hectare of growing and harvesting corn costs 2474.93 rubles, barley – 1.6 times cheaper. Despite the large material investments in the cultivation of corn and the refinement of the grain harvest, due to its high yield, profitable crop production is ensured – 83.6 %, while for barley the level of profitability was only 2.2 %. When placing alfalfa after corn, the best option for soil preparation for it is autumn plowing, early spring disking, followed by treatment with combined wide-cut unit, rolling before and after sowing, or a variant with additional early spring cultivation and later sowing. At the same time, chemical protection of alfalfa crops from weeds is not required. Such cultivation of alfalfa, on average over 3 years, together with the previous crop, provides the lowest cost of a feed unit (217.45–220.47 rubles/t) and the maximum level of profitability (76.9–79.3%). When placing alfalfa after barley, the most profitable option for soil cultivation for it is autumn disking with a similar early spring pre-sowing soil preparation and the mandatory application of herbicides Rodimich, 0.75 l/ha + Bazagran, 1.5 l/ha or autumn plowing with additional early spring cultivation and later sowing without the use of chemical protection against weeds, at which the cost of feed units was 259.67–265.20 rubles/t, profitability was 38.4–41.4 %.

**Key words:** alfalfa, net income, cost, predecessor, tillage, herbicide.

### Введение

В предыдущей статье мы рассказали о влиянии предшественников, способов и сроков основной и предпосевной обработки почвы, химической защиты посевов на засоренность и урожайность люцерны посевной. Однако увеличение выхода продукции не всегда означает эффективное выращивание культуры [1]. Оно должно происходить при одновременном сокращении затрат на производство единицы продукции. Поэтому для окончательной оценки предлагаемых приемов выращивания люцерны необходимы экономические расчеты, включающие затраты на выращивание культуры и заготовку из нее корма, величину чистого дохода, себестоимость получаемой продукции и рентабельность ее производства [2]. Эффективность производственной деятельности всех форм сельскохозяйственных предприятий в условиях рыночной экономики зависит от складывающегося уровня цен. Поэтому любую технологию возделывания кормовых культур и систему производства кормов необходимо оценивать с учетом всех деловых основных показателей [3].

Цель исследования – определить себестоимость и рентабельность производства люцерны на корм с учетом предшествующей культуры в зависимости от способов и сроков основной и предпосевной обработки почвы и химической защиты посевов от сорной растительности.

### Основная часть

Полевой опыт проводился в 2020–2022 гг. на опытном участке Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,4–0,9 м моренным суглинком.

Предшествующими культурами люцерны были ячмень и кукуруза на зерно, которые высевали 14 и 17 апреля с нормой высева 3,8 и 0,1 млн всхожих семян на 1 га. До этого обработка почвы включала дискование пожнивных остатков кукурузы и зяблевую вспашку после внесения фосфорно-калийных удобрений в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия (P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>), весеннюю культивацию, под которую был внесен карбамид (N<sub>130</sub>), и предпосевную подготовку почвы АКШ. После посева ячменя было проведено прикатывание, поскольку в апреле выпало только 9,5 мм осадков. Защита посевов от сорняков включала внесение в посевах ячменя гербицида Балерина, СЭ, 0,5 л/га, кукурузы – Люмакс, СЭ, 3 л/га. Уборку ячменя осуществляли 14 августа, через 5 дней после уборки соломы проведено лушение в 2 следа. Кукурузу убирали 2 октября. В начале ноября проведена обработка почвы согласно схеме опыта, перед которой и в последующий год осенью внесены минеральные удобрения (P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>). Посев люцерны проводился 19 апреля и 12 мая сеялкой с дисковыми сошниками на глубину 0,5–1,0 см с последующим прикатыванием. Учетная площадь опытных делянок составляла 24 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная. В опыте высевался сорт люцерны посевной Плато с нормой высева семян 6 млн/га. Использовались гербициды Родимич, ВР, 0,75 л/га + Базагран, ВР, 1,5 л/га в фазу тройчатого листа люцерны. Учет урожая осуществляли с помощью кормоуборочного селекционного комбайна Hege 212.

При расчете экономической эффективности использовали цены по состоянию на 1 ноября 2022 г., включающие стоимость семян кукурузы 405 руб./100 тыс. шт., ячменя 0,82 руб./кг, люцерны 15,6 руб./кг, 1 ч\*часа работы с начислениями 8 руб., дизельного топлива 2,97 руб./кг, карбамида 0,89 руб./га, аммонизированного суперфосфата 0,81 руб./га, хлористого калия 0,07 руб./га.

Расчеты показали, что при возделывании кукурузы на зерно расходы на ГСМ в 1,8 раза, на пестициды в 10,1 раза, на семена в 2,7 раза больше, чем на выращивание ячменя (табл. 1). По ячменю отмечены на 34 % большие материальные затраты только на оплату труда, что связано с уборкой соломы с поля. В итоге, 1 гектар выращивания и уборки кукурузы обходится в 2474,93 руб., ячменя – в 1,6 раза дешевле.

Таблица 1. Структура затрат при выращивании предшествующих культур, руб/га

Культура	Оплата труда	ГСМ	Пестициды	Семена	Удобрения	Амортизация и текущий ремонт	Накладные и прочие расходы	Итого
Кукуруза	51,92	726,40	119,88	405,00	427,52	519,22	224,99	2474,93
Ячмень	69,44	406,89	11,86	147,60	427,52	318,99	138,23	1520,53

При сравнительно невысокой продуктивности люцерны в первый год жизни, затраты на ее выращивание и заготовку из нее консервированных кормов довольно высокие – от 966,44 до 1164,41 руб./га (табл. 2).

Таблица 2. Структура затрат при выращивании люцерны в первый год жизни, руб./га

Предшественник	Основная обработка почвы	Предпосевная обработка почвы и номер варианта	Оплата труда	ГСМ	Пестициды	Семена	Удобрения	Амортизация и текущий ремонт	Накладные и прочие расходы	Итого
Без гербицидов										
Кукуруза	Вспашка	1. ПО + посев	53,44	283,57	0	201,29	176,00	214,29	92,86	1021,45
		2. Культивация + ПО через 3 недели + посев	54,48	297,12	0	201,29	176,00	218,67	94,76	1042,31
	Дискование	3. Культивация + ПО через 3 недели + посев	49,76	250,88	0	201,29	176,00	203,38	88,13	969,44
		4. ПО + посев	49,76	262,90	0	201,29	176,00	206,99	89,69	986,63
Ячмень	Вспашка	5. ПО + посев	56,32	287,76	0	201,29	176,00	216,41	93,78	1031,56
		6. Культивация + ПО через 3 недели + посев	58,48	302,82	0	201,29	176,00	221,58	96,02	1056,18
	Дискование	7. Культивация + ПО через 3 недели + посев	52,08	254,32	0	201,29	176,00	205,11	88,88	977,68
		8. ПО + посев	56,88	273,18	0	201,29	176,00	212,21	91,96	1011,51
С внесением гербицидов Родимич, 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га										
Кукуруза	Вспашка	1. ПО + посев	44,80	262,70	120,04	201,29	176,00	241,45	104,63	1150,91
		2. Культивация + ПО через 3 недели + посев	42,96	272,05	120,04	201,29	176,00	243,70	105,60	1161,65
	Дискование	3. Культивация + ПО через 3 недели + посев	37,92	225,42	120,04	201,29	176,00	228,20	98,89	1087,76
		4. ПО + посев	39,28	239,74	120,04	201,29	176,00	232,91	100,93	1110,18
Ячмень	Вспашка	5. ПО + посев	45,60	263,82	120,04	201,29	176,00	242,03	104,88	1153,65
		6. Культивация + ПО через 3 недели + посев	43,76	273,18	120,04	201,29	176,00	244,28	105,86	1164,41
	Дискование	7. Культивация + ПО через 3 недели + посев	42,64	232,28	120,04	201,29	176,00	231,68	100,39	1104,32
		8. ПО + посев	51,44	256,85	120,04	201,29	176,00	241,69	104,73	1152,04

Примечание: ПО – предпосевная обработка, включающая дискование, АКШ, прикатывание до и после посева. То же в табл. 5–7.

Из них 52–56 % затрат на фоне без гербицидов и 60–63 % – на фоне с химической защитой посевов от сорняков составляют операции, которые можно разнести на количество лет выращивания культуры. Например, при четырехлетнем выращивании люцерны затраты составят 564,37–646,94 руб/га на безгербицидном фоне и 570,49–642,31 руб/га с применением гербицидов. Большие и меньшие значения соответствуют тем

же вариантам, что и в таблице. Основная статья затрат в первый год – ГСМ (от 225,42 руб/га в варианте с внесением гербицидов до 302,82 руб/га – без химзащиты) и семена (201,29 руб/га). Внесение гербицидов, стоимость которых оценена в 120,04 руб/га, позволяет в среднем по всем вариантам опыта на 23 руб/га сократить затраты на ГСМ, однако на итоговую сумму затрат это не повлияло.

По обоим предшественникам на фоне дискования с дополнительной культивацией без внесения гербицидов затраты самые низкие (969,44–977,68 руб/га), а при вспашке и химической защите – самые высокие (1161,65–1164,41 руб/га). Во второй год жизни затраты на выращивание и заготовку корма из люцерны на 23–32 % меньше относительно первого года и в среднем составляют 781,02 руб/га на фоне без гербицидов и 776,50 руб/га при их использовании в предыдущем году (табл. 3). Варьирование затрат по вариантам опыта – незначительное: 1,5–2,1 % против 3,1 % на фоне без защиты и 2,6 % – с химзащитой в первый год жизни. Основная статья затрат во второй год жизни люцерны – ГСМ, на которые приходится в среднем около 280 руб/га, что составляет 1/3 всех материальных затрат.

Таблица 3. Структура затрат при выращивании люцерны во второй год жизни, руб/га

Предшественник	Основная обработка почвы	Номер варианта предпосевной обработки почвы	Оплата труда	ГСМ	Пестициды	Семена	Удобрения	Амортизация и текущий ремонт	Накладные и прочие расходы	Итого
Без гербицидов										
Кукуруза	Вспашка	1	91,28	285,06	0	0	176,00	165,70	71,80	789,85
		2	93,44	288,09	0	0	176,00	167,26	72,48	797,27
	Дискование	3	88,96	281,62	0	0	176,00	163,97	71,06	781,61
		4	82,08	271,76	0	0	176,00	158,95	68,88	757,67
Ячмень	Вспашка	5	89,20	282,00	0	0	176,00	164,16	71,14	782,50
		6	91,04	284,08	0	0	176,00	165,34	71,65	788,10
	Дискование	7	88,16	280,49	0	0	176,00	163,40	70,80	778,85
		8	86,24	277,81	0	0	176,00	162,02	70,21	772,27
Фон с внесением гербицидов Родимич, 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га в 1-й год жизни										
Кукуруза	Вспашка	1	92,32	286,58	0	0	176,00	166,47	72,14	793,51
		2	90,00	283,16	0	0	176,00	164,75	71,39	785,30
	Дискование	3	85,52	278,97	0	0	176,00	162,15	70,26	772,90
		4	82,32	272,38	0	0	176,00	159,21	68,99	758,90
Ячмень	Вспашка	5	91,28	285,06	0	0	176,00	165,70	71,80	789,85
		6	88,40	280,87	0	0	176,00	163,58	70,89	779,74
	Дискование	7	91,04	254,98	0	0	176,00	156,61	67,86	746,49
		8	90,00	283,16	0	0	176,00	164,75	71,39	785,30

Несмотря на большие материальные вложения в выращивание кукурузы и доработку урожая зерна, благодаря высокой ее урожайности обеспечивается рентабельное производство культуры – 83,6 %, в то время как по ячменю уровень рентабельности составил лишь 2,2 % (табл. 4).

Таблица 4. Экономическая эффективность выращивания предшествующих культур

Предшественник	Бункерная урожайность зерна, ц/га	Уборочная влажность зерна, %	Урожайность зерна стандартной влажности, ц/га	Стоимость продукции, руб/га	Затраты, руб/га	Чистый доход, руб/га	Себестоимость 1 т зерна, руб.	Рентабельность, %
Кукуруза	120,5	41,1	82,6	4543,00	2474,93	2068,07	299,63	83,6
Ячмень	36,0	21,0	33,1	1554,28	1520,53	33,75	459,38	2,2

Люцерна в первый год жизни показывает минусовую рентабельность (табл. 5). Причем, по предшествующей кукурузе убытки вдвое больше – 335,61 руб/га против 165,05 руб/га по ячменному предшественнику. На фоне без химзащиты наименьший убыток обеспечивает ранневесенний посев по вспашке после кукурузы (79,25 руб/га), после ячменя – также ранневесенний посев, но по дискованию (3,82 руб/га). При внесении гербицидов убытки возросли до 320,73 и 55,05 руб/га соответственно. Не меньшие затраты, а получение большего количества продукции формируют меньшие убытки при выращивании люцерны в первый год.

Таблица 5. Экономическая эффективность выращивания люцерны в первый год жизни

Предшественник	Основная обработка почвы	Предпосевная обработка почвы	Стоимость продукции, руб/га	Затраты, руб/га	Чистый доход, руб/га	Себестоимость 1 т к.д., руб.	Рентабельность, %
Без гербицидов							
Кукуруза	Вспашка	ПО + посев	942,20	1021,45	-79,25	379,44	-7,8
		Культивация + ПО через 3 недели + посев	815,41	1042,31	-226,90	447,39	-21,8
	Дискование	Культивация + ПО через 3 недели + посев	775,94	969,44	-193,50	437,28	-20,0
		ПО + посев	733,16	986,63	-253,47	471,00	-25,7
Ячмень	Вспашка	ПО + посев	962,26	1031,56	-69,30	375,21	-6,7
		Культивация + ПО через 3 недели + посев	1004,82	1056,18	-51,36	367,89	-4,9
	Дискование	Культивация + ПО через 3 недели + посев	884,87	977,68	-92,81	386,71	-9,5
		ПО + посев	1007,69	1011,51	-3,82	351,33	-0,4
Фон с внесением гербицидов Родимич, 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га в 1-й г.ж.							
Кукуруза	Вспашка	ПО + посев	830,18	1150,91	-320,73	485,22	-27,9
		Культивация + ПО через 3 недели + посев	638,57	1161,65	-523,08	636,70	-45,0
	Дискование	Культивация + ПО через 3 недели + посев	563,60	1087,76	-524,16	675,51	-48,2
		ПО + посев	546,40	1110,18	-563,78	711,13	-50,8
Ячмень	Вспашка	ПО + посев	883,32	1153,65	-270,33	457,11	-23,4
		Культивация + ПО через 3 недели + посев	700,31	1164,41	-464,10	581,95	-39,9
	Дискование	Культивация + ПО через 3 недели + посев	790,71	1104,32	-313,61	488,81	-28,4
		ПО + посев	1096,99	1152,04	-55,05	367,56	-4,8

Во второй год жизни, напротив, обеспечивается высокорентабельное производство кормов из люцерны – в среднем 170 % независимо от фона защиты от сорняков (табл. 6). Среди вариантов обработки почвы наименьшая рентабельность отмечена при ранневесеннем посеве люцерны по дискованию после кукурузы (150,3 % без химзащиты и 131,6 % с химзащитой). А лучший показатель по этому предшественнику – ранневесенний посев по вспашке на фоне применения гербицидов (181,8 %) или с дополнительной культивацией без химической защиты (185,4 %). По ячменному предшественнику лучший результат (191,2 %) показало дискование с дополнительной культивацией на фоне применения гербицидов.

Представленные в табл. 7 итоговые за 3 года экономические расчеты свидетельствуют о том, что рекомендуемые кукурузно-люцерновые севообороты являются экономически оправданными. В наших предыдущих исследованиях [4] и настоящих они показали самую низкую себестоимость кормовой единицы и получение наибольшего чистого дохода. Так, размещение люцерны по вспашке без применения под нее гербицидов позволило в сумме за 3 года иметь 3319,46–3397,36 руб/га чистого дохода при себестоимости 1 т к.ед. 217,45–220,47 руб. При размещении люцерны после ячменя больше всего чистого дохода (1327,84–1392,68 руб/га в сумме за 3 года) при наименьшей себестоимости кормовой единицы (259,67–265,20 руб/т) получено в варианте ранневесеннего посева по дискованию с внесением гербицидов или в варианте посева люцерны по вспашке с дополнительной культивацией без применения химической защиты.

Таблица 6. Экономическая эффективность выращивания люцерны во второй год жизни

Предшественник	Основная обработка почвы	Предпосевная обработка почвы	Стоимость продукции, руб/га	Затраты, руб/га	Чистый доход, руб/га	Себестоимость 1 т к.ед., руб.	Рентабельность, %
Без гербицидов							
Кукуруза	Вспашка	ПО + посев	2198,39	789,85	1408,54	125,75	178,3
		Культивация + ПО через 3 недели + посев	2275,56	797,27	1478,29	122,63	185,4
	Дискование	Культивация + ПО через 3 недели + посев	2130,03	781,61	1348,42	128,43	172,5
		ПО + посев	1896,30	757,67	1138,63	139,84	150,3
Ячмень	Вспашка	ПО + посев	2134,44	782,50	1351,94	128,31	172,8
		Культивация + ПО через 3 недели + посев	2198,39	788,10	1410,29	125,47	178,9
	Дискование	Культивация + ПО через 3 недели + посев	2081,52	778,85	1302,67	130,96	167,3
		ПО + посев	2030,81	772,27	1258,54	133,10	163,0
Фон с внесением гербицидов Родимич, 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га в 1-й г.ж.							
Кукуруза	Вспашка	ПО + посев	2235,87	793,51	1442,36	124,21	181,8
		Культивация + ПО через 3 недели + посев	2152,08	785,30	1366,78	127,72	174,0
	Дискование	Культивация + ПО через 3 недели + посев	1997,73	772,90	1224,83	135,41	158,5
		ПО + посев	1757,39	758,90	998,49	151,14	131,6
Ячмень	Вспашка	ПО + посев	2196,18	789,85	1406,33	125,88	178,1
		Культивация + ПО через 3 недели + посев	2085,93	779,74	1306,19	130,83	167,5
	Дискование	Культивация + ПО через 3 недели + посев	2174,13	746,49	1427,64	120,17	191,2
		ПО + посев	2134,44	785,30	1349,14	128,77	171,8

Таблица 7. Экономическая эффективность выращивания люцерны в звене севооборота с кукурузой или ячменем

Предшественник	Основная обработка почвы	Предпосевная обработка почвы	Стоимость продукции в сумме за 3 года, руб/га	Затраты за 3 года, руб/га	Чистый доход за 3 года, руб/га	Себестоимость 1 т к.ед., руб.	Рентабельность, %
Без гербицидов							
Кукуруза	Вспашка	ПО + посев	7683,59	4286,23	3397,36	217,45	79,3
		Культивация + ПО ч/з 3 недели + посев	7633,97	4314,51	3319,46	220,47	76,9
	Дискование	Культивация + ПО ч/з 3 недели + посев	7448,97	4225,98	3222,99	221,94	76,3
		ПО + посев	7172,46	4219,23	2953,23	231,18	70,0
Ячмень	Вспашка	ПО + посев	4650,98	3334,59	1316,39	263,53	39,5
		Культивация + ПО ч/з 3 недели + посев	4757,49	3364,81	1392,68	259,67	41,4
	Дискование	Культивация + ПО ч/з 3 недели + посев	4520,67	3277,06	1243,61	266,83	37,9
		ПО + посев	4592,78	3304,31	1288,47	264,61	39,0
Фон с внесением гербицидов Родимич, 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га в 1-й г.ж.							
Кукуруза	Вспашка	ПО + посев	7609,05	4419,35	3189,7	226,65	72,2
		Культивация + ПО ч/з 3 недели + посев	7333,65	4421,88	2911,77	236,32	65,8
	Дискование	Культивация + ПО ч/з 3 недели + посев	7104,33	4335,59	2768,74	240,12	63,9
		ПО + посев	6846,79	4344,01	2502,78	250,81	57,6
Ячмень	Вспашка	ПО + посев	4633,78	3464,03	1169,75	274,82	33,8
		Культивация + ПО ч/з 3 недели + посев	4340,52	3464,68	875,84	294,45	25,3
	Дискование	Культивация + ПО ч/з 3 недели + посев	4519,12	3371,34	1147,78	274,61	34,0
		ПО + посев	4785,71	3457,87	1327,84	265,20	38,4

## **Заключение**

1. При размещении люцерны после кукурузы лучшим вариантом подготовки почвы под нее является осенняя вспашка, ранневесеннее дискование, следом обработка АКШ, прикатывание до и после посева или вариант с дополнительной ранневесенней культивацией и более поздним посевом. При этом химическая защита посевов люцерны от сорняков не требуется. Такое выращивание люцерны вместе с предшествующей культурой в среднем за 3 года обеспечивает самую низкую себестоимость кормовой единицы (217,45–220,47 руб/т) и максимальный уровень рентабельности (76,9–79,3 %).

2. При размещении люцерны после ячменя наиболее выгодным вариантом обработки почвы под нее является осеннее дискование с аналогичной ранневесенней предпосевной подготовкой почвы и обязательным внесением гербицидов Родимич, 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га или осенняя вспашка с дополнительной ранневесенней культивацией и более поздним посевом без применения химической защиты от сорняков, при которых себестоимость кормовых единиц составила 259,67–265,20 руб/т, рентабельность – 38,4–41,4 %.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Афонин, А. С. Продуктивность люцерны 3 года жизни в зависимости от уровня плодородия почвы, удобрений и средств защиты растений на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья: автореф. дисс. канд. с.-х. наук: 06.01.09 / А. С. Афонин. – Краснодар, 2004. – 25 с.

2. Инструкция по оценке эффективности использования в народном хозяйстве республики результатов научно-исследовательских и опытно-технологических работ: Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 637. – Минск, 2002. – 19 с.

3. Маляренко, А. Е. Продуктивная оценка эффективности использования люцерны и эспарцета в богарных условиях степной зоны Южного Урала / А. Е. Маляренко, В. Г. Резниченко. – Оренбург: Изд-во ВНИИМС, 2009. – 92 с.

4. Усовершенствованный отраслевой технологический регламент выращивания кукурузы в специализированных севооборотах / Н. Ф. Надточаев [и др.]. – Жодино. – 2018. – 10 с.

## ИННОВАЦИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В СИСТЕМЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Н. В. АБРАМОВ, С. А. СЕМИЗОРОВ, А. М. ОКСУКБАЕВА

Государственный аграрный университет Северного Зауралья,  
г. Тюмень, Российская Федерация, 625003, e-mail: vip.anv.55@mail.ru

(Поступила в редакцию 17.04.2023)

Изучена роль основной обработки в формировании азотного режима лугово-чернозёмной почвы при переходе на точное земледелие. В исследованиях 1978–1983 гг. лесостепной зоны Западной Сибири безотвальная и «нулевая» обработки почвы содерживали процесс накопления нитратного азота по сравнению с отвальной и дифференцированной. Запасы азота в нитратной форме были низкими (6,3...8,0 мг/кг) в допосевной период без внесения удобрений по обработке почвы без оборота пласта. В вариантах с отвальной и дифференцированной системой основной обработки почвы отмечен средний уровень содержания N-NO<sub>3</sub> в слое 0...20 см – 10,1–11,8 мг/кг. Традиционный способ внесения минеральных удобрений усредненной нормой не создавал однородного уровня содержания азота по изучаемым системам основной обработки почвы. На отвально и дифференцированно обработанных почвах в зерновом с занятым паром севообороте в фазе кущения яровой пшеницы содержание N-NO<sub>3</sub> составило 15,2–16,6 мг/кг, что соответствовало высокой обеспеченности культурных растений. На полях, обработанных безотвально и без основной обработки почвы, нитратного азота накопилось только до среднего уровня обеспеченности растений – 10,1–11,8 мг/кг. В 2009–2020 гг. инновационные технологии и дифференцированное внесение минеральных удобрений с использованием систем спутниковой навигации при учёте содержания азота в нитратной форме по вариантам и повторностям опыта и планируемой урожайностью снижали пространственную вариативность его наличия до 8,2–10,4 мг/кг перед посевом яровой пшеницы. Устранение пестроты содержания N-NO<sub>3</sub> отмечали и в фазе кущения яровой пшеницы до 1,4–19,7 %, но с преимуществом накопления по ресурсосберегающим обработкам (11,9–12,7 мг/кг). Оптимизация азотного режима при дифференцированном внесении удобрений с использованием систем спутниковой навигации в режиме off-line обеспечила формирование наибольшей урожайности яровой пшеницы по обработкам почвы без оборота пласта 3,63–4,03 т/га. Полученное зерно здесь имело низкую себестоимость 6273–7040 руб/т и более высокую рентабельность его производства – 42,0–59,4 % по сравнению с отвальной обработкой.

**Ключевые слова:** система основной обработки почвы, азотный режим, дифференцированное внесение, минеральные удобрения, системы спутниковой навигации, яровая пшеница (*Triticum aestivum*).

*The role of the main cultivation in the formation of the nitrogen regime of the meadow-chernozem soil during the transition to precision farming has been studied. In research during 1978–1983 in the forest-steppe zone of Western Siberia, non-moldboard and "zero" tillage hindered the accumulation of nitrate nitrogen in comparison with moldboard and differentiated tillage. Nitrogen reserves in the nitrate form were low (6.3...8.0 mg/kg) in the pre-sowing period without fertilization after tillage without bed rotation. In the variants with moldboard and differentiated system of basic tillage, the average level of N-NO<sub>3</sub> content in the 0...20 cm layer was 10.1...11.8 mg/kg. The traditional method of applying mineral fertilizers with an average rate did not create a uniform level of nitrogen content in the studied systems of the main tillage. On moldboard and differentially cultivated soils in a grain crop rotation with fallow in the tillering phase of spring wheat, the content of N-NO<sub>3</sub> was 15.2–16.6 mg/kg, which corresponded to the high nutrition rate of cultivated plants. On fields cultivated without moldboard and without basic tillage, nitrate nitrogen accumulated only up to an average level of plant supply – 10.1...11.8 mg/kg. In 2009–2020 innovative technologies and differentiated application of mineral fertilizers using satellite navigation systems, taking into account the content of nitrogen in the nitrate form according to the variants and repetitions of the experiment and the planned yield, reduced the spatial variability of nitrogen presence to 8.2...10.4 mg/kg before spring wheat sowing. The elimination of the variegation of the N-NO<sub>3</sub> content was also noted in the tillering phase of spring wheat up to 1.4...19.7%, but with the advantage of accumulation by resource-saving treatments (11.9...12.7 mg/kg). Optimization of the nitrogen regime with differentiated application of fertilizers using satellite navigation systems in off-line mode ensured the formation of the highest yield of spring wheat for tillage without reversing the layer of 3.63...4.03 t/ha. The grain obtained here had a low cost of 6273...7040 rubles/t and a higher profitability of its production – 42.0...59.4 % compared to moldboard tillage.*

**Key words:** basic tillage system, nitrogen regime, differential application, mineral fertilizers, satellite navigation systems, spring wheat (*Triticum aestivum*).

**Введение**

Система основной обработки почвы в севообороте имеет одно из решающих влияний на обеспеченность культурных растений нитратным азотом. Вопрос о применении отвальной или безотвальной обработки почвы в различных почвенно-климатических условиях очень важен [1, 2, 3], так как связан с воспроизводством плодородия почвы [4].

В системах питания культурных растений азот из агрохимических факторов почвенного плодородия часто выступает основным [5, 6, 7]. Он входит в простые и сложные белки, в состав нуклеиновых кислот, содержится в хлорофилле, фосфатидах, алкалоидах и других органических веществах растительной клетки [7, 8]. Уровень содержания азота в почвах определяет продуктивность и качество сельскохозяйственных культур. Основные пути регулирования азотного режима почвы – научно обоснованные севообороты, обработка почвы, органические и минеральные удобрения.

Возрастание доли химической энергии в энергетическом балансе интенсивного земледелия создает предпосылки для сокращения затрат механической энергии на обработку почвы. Этим определяются мировые тенденции минимализации основной обработки почвы по мере наращивания химизации земледелия. Однако замена вспашки безотвальной обработкой и уменьшение ее глубины приводит к снижению биологической активности почвы и минерализации ее органического вещества [9, 10]. Как результат, обработка почвы без оборота пласта проигрывает традиционной отвальной по накоплению

нитратного азота в слое 0...30 см [11, 12]. Общепринятая же схема внесения минеральных удобрений усредненной нормой по вариантам изучаемых систем основной обработки почвы изначально их ставит в неравные условия по обеспеченности культур азотом. Цифровые технологии обеспечивают автоматизацию производственных процессов при возделывании сельскохозяйственных культур. Направление новое в аграрном секторе и набирает обороты [13, 14, 15]. Цифровое земледелие (Digital Farming) применяет всю имеющуюся информацию состояния агроценозов, технических параметров механизмов для выработки инновационных технологий выращивания культур с использованием систем спутниковой навигации [16, 17, 18]. В сочетании с тематикой и управлением данными банка точное земледелие повышает точность операций и позволяет управлять вариабельностью параметров плодородия внутри поля [19, 20, 21]. В результате для агроценозов формируются оптимальные условия продуцирования. Использование космических систем в технологических процессах возделывания сельскохозяйственных культур изменяет функцию обработки почвы в формировании азотного режима [21, 22, 23].

Цель работы – изучить роль основной обработки почвы в формировании азотного режима при использовании систем спутниковой навигации в технологических процессах возделывания яровой пшеницы.

### Основная часть

В задачи исследований входило: установить влияние основной обработки почвы на динамику накопления нитратного азота в период вегетации яровой пшеницы; изучить обеспеченность культурных растений N-NO<sub>3</sub> при дифференцированном внесении азотных удобрений в режиме off-line; дать агроэкономическую оценку инновационного подхода к проведению основной обработки почвы с использованием систем спутниковой навигации.

Опыты по изучению различных систем основной обработки почвы проводятся с 1977 г. В этой публикации анализируются результаты 2019–2020 гг., в сравнении с формированием азотного режима в период 1977–1991 и 2009–2011 гг. Почва опытного поля лугово-черноземная, осолодевшая, маломощная, тяжелосуглинистая. По химическому составу почва характеризуется высоким естественным плодородием. Содержание гумуса в слое 0–30 см составляет 7,96 %, актуальная кислотность 6,9 % ед.рН. Содержание подвижного фосфора (120–140 мг/кг почвы), определённого по методу Чирикова, и обменного калия (124–175 мг/кг почвы) в пахотном слое характеризуется как повышенное и очень высокое, что обеспечивает получение хорошего урожая зерновых культур, даже не применяя фосфорных и калийных удобрений.

Погодные условия 2019 г. сформировались благоприятными для выращивания яровой пшеницы. Сумма активных температур составила 2180 °С, количество осадков за вегетационный период – 324 мм, ГТК равнялся 1,49. 2020 г. был менее благоприятным, так как при сумме активных температур 2463 °С и 226 мм осадков ГТК составил 0,92. Нитратный азот определяли по Грандваль-Ляжу перед посевом, в фазе кушение – выход в трубку, перед уборкой яровой пшеницы по слоям 0–10, 10–20, 20–40 см, ГОСТ 27894.4-88. Урожай яровой пшеницы учитывали прямым комбайнированием «SAMPO 500» в 3-кратной повторности с пересчетом на 100%-ную чистоту и 14%-ную влажность. Экономическую эффективность обработки почвы и уровня минерального питания рассчитывали по общепринятой методике. Математическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием программных продуктов «Oda 1», «Oda 2», разработанных на кафедре ЭМ и ВТ ГАУ Северного Зауралья.

Азотный режим изучали в вариантах систем основной обработки почвы зернового с занятым паром севооборота: отвальная на глубину 25–27 см под однолетние травы, во втором и третьем поле – под яровую пшеницу на глубину 20–22 см плугом ПЛН (контроль). Дифференцированная обработка: отвальная под однолетние травы на глубину 25–27 см, мелкая обработка на глубину 10–12 см KOS под яровую пшеницу во втором и третьем поле. Безотвальная обработка: глубокое рыхление на 45 см чизельным плугом ПЧН-2,3 под однолетние травы и мелкая на 10–12 см культиватором KOS под яровую пшеницу во 2-м и 3-м поле. «Нулевая» – без основной обработки почвы (прямой посев).

В опытах, проведенных нами ранее, система основной обработки почвы без оборота пласта снижала накопление нитратного азота в слое 0–40 см до 4,7–6,1 мг/кг почвы до внесения минеральных удобрений перед посевом яровой пшеницы (табл. 1).

Таблица 1. Содержание нитратного азота в почве в зависимости от систем основной обработки почвы (среднее за 1978–1983 гг.), мг/кг

Система основной обработки почвы	До внесения удобрений			В фазе кушения пшеницы после внесения N <sub>60</sub>		
	0...20	20...40	0...40	0...20	20...40	0...40
Отвальная	10,1	5,7	7,9	16,6	6,9	11,8
Дифференцированная	11,8	5,8	8,8	15,2	7,7	11,5
Безотвальная	8,0	4,1	6,1	10,8	5,0	7,9
Без основной обработки	6,3	3,0	4,7	10,1	4,2	7,2
НСР <sub>05</sub>	1,8	1,2	1,5	2,3	1,7	1,9



мобильным комплексом на базе автомобиля внедорожника УАЗ-23632. Полученные данные содержания элементов питания не усредняются в среднем по полям севооборота, а учитываются для внесения минеральных удобрений по микроучасткам. Агрохимическая картограмма в цветовой гамме с фактическими данными нитратного азота составляется по элементарным участкам (рис. 2).

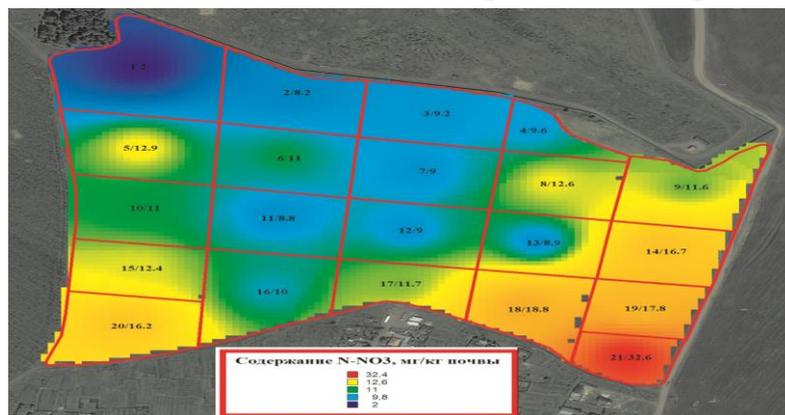


Рис. 2. Картограмма содержания нитратного азота в почве, мг/кг

После создания электронной карты опытного поля, его агрохимического обследования составляется карта задания для дифференцированного внесения удобрений, которая экспортируется механизатору в бортовой навигационный компьютер (БНК) трактора (рис. 3).



Рис. 3. Карта задания дифференцированного внесения удобрений.

Подобраны исполняющие механизмы, установленные на сеялку СКП-2,1Л: центральный блок управления, датчик определения перемещения рычага редуктора, приёмник навигационных спутниковых сигналов и исполняющий механизм (редукторный электромотор или линейный электроактуатор), жгут связи и управления. Дифференцированное внесение азотных удобрений перед посевом зерновых культур выполняли в автоматическом режиме при движении посевного агрегата по делянкам опыта. Приёмник навигационных сигналов передаёт сигнал о местоположении агрегата на поле бортовому навигационному компьютеру, содержащего в себе электронную карту задания. Установленный в кабине трактора БНК, обработав информацию, подаёт сигнал о заезде в следующий элементарный участок (повторность опыта). Блок управления бортового навигационного компьютера передает задание линейному актуатору размер выхода (закрытия) рабочей части катушки для внесения аммиачной селитры согласно карте задания. Этот процесс обеспечивает дифференцированное внесение удобрений с учетом содержания нитратного азота в почве и планируемой урожайности культуры по повторностям и вариантам опыта.

Дифференцированное внесение азотных удобрений в режиме off-line с использованием систем спутниковой навигации по вариантам изучаемых систем основной обработки почвы способствовало снижению пространственной вариабельности N-NO<sub>3</sub> уже в период посева яровой пшеницы (табл. 2). Колебания содержания нитратного азота до внесения минеральных удобрений по вариантам опыта составляли 3,6–29,0 %. Применение аммиачной селитры дифференцированно с использованием систем спутниковой навигации в режиме off-line позволило нивелировать пространственную пестроту N-NO<sub>3</sub> по изучаемым системам основной обработки почвы до 2,9–21,2 % с абсолютным его содержанием в слое 0–30 см 8,2–10,4 мг/кг.

Таблица 2. Содержание нитратного азота в слое почвы 0–30 см в зависимости от основной обработки почвы при дифференцированном внесении минеральных удобрений (среднее за 2009–2011 и 2019–2020 гг. Данные в таблице средние за 5 лет), мг/кг

Система обработки почвы, глубина	Сроки отбора почвенных образцов		
	перед посевом после внесения удобрений	кущение – выход в трубку	перед уборкой
Отвальная 20–22 см	10,1	10,2	6,0
Дифференцированная	8,2	11,9	5,8
Безотвальная: чизельная под горох с овсом на 45 см; мелкая под пшеницу на 10–12 см	10,4	11,9	7,3
Без основной обработки	9,1	12,7	6,6
НСР <sub>05</sub>	1,2	1,4	1,0

В период роста и развития яровой пшеницы в почве протекают два взаимоисключающих процесса накопление нитратного азота вследствие нитрификации и потребление его культурными растениями. Пространственная вариабельность содержания нитратного азота в фазе кущение-выход в трубку продолжала снижаться до 1,4–19,7 %, или на 2,2–9,3 % относительно периода до внесения удобрений. При этом явно просматривается закономерность увеличения содержания нитратного азота по вариантам обработки почвы без оборота пласта. В важный период для яровой пшеницы, когда идет закладка колоса, обеспеченность культурных растений N-NO<sub>3</sub> во всех изучаемых вариантах основной обработки почвы соответствовала среднему уровню 10,2–12,7 мг/кг. К уборке яровой пшеницы нитратного азота оставалось 5,8–7,3 мг/кг с его пространственной пестротой 9,6–20,6 %.

Инновационные технологии внесения минеральных удобрений с использованием систем спутниковой навигации решали вопросы равномерного формирования азотного режима по различным системам основной обработки почвы. Ресурсосберегающие системы основной обработки почвы, имея преимущество перед традиционной вспашкой по формированию водно-физических свойств и при снижении пространственной вариабельности содержания нитратного азота в пахотном слое, становятся более выгодными для продуцирования яровой пшеницы. Урожайность яровой пшеницы по дифференцированно обработанной почве (отвально – под однолетние травы, культивация KOS под зерновые на глубину 10–12 см) в среднем за годы исследований составила 3,63 т/га и превышала таковую по вспашке на 0,07 т/га, а рентабельность производства зерна – на 7,4 % (табл. 3). Оптимизация азотного питания при дифференцированном внесении минеральных удобрений по безотвальной мелкой обработке с чизелеванием на глубину 45 см под однолетние травы на сенаж и в варианте без основной обработки почвы позволила получить наибольшую урожайность яровой пшеницы – 4,02–4,03 т/га.

Таблица 3. Экономическая эффективность возделывания яровой пшеницы при различных системах основной обработки с дифференцированным внесением минеральных удобрений (среднее за 2009–2011 и 2019–2020 гг.)

Система основной обработки почвы	Урожайность, т/га	Прямые затраты, руб/т	Прибыль, руб/га	Себестоимость, руб/т	Рентабельность, %
Отвальная на 20–22 см (контроль)	3,56	26446	2034	7428	27,4
Дифференцированная: отвальная на 22–25 под однолетние травы, культивация на 10–12 см под зерновые	3,63	25556	3484	7040	49,5
Безотвальная: чизельная под однолетние травы на 45 см; мелкая 2 года под зерновые на 10–12 см	4,02	25217	6943	6273	110,1
Без основной обработки почвы	4,03	25312	6928	6281	110,3
НСР <sub>05</sub>	0,27				

В структуре затрат по ресурсосберегающим системам основной обработки почвы азотные удобрения занимали до 10 %, стоимость которых превышала по сравнению с отвальной обработкой на 18–504 руб/га. Затраты же на выполнение основной обработки почвы снижались относительно вспашки на 1247–1628 руб/га. При цене реализации яровой пшеницы 8000 руб/т (в ценах 2019–2020 гг.) получена наибольшая чистая прибыль 6928–6943 руб/га на вариантах без основной обработки почвы и при чизелевании под однолетние травы на 45 см, с мелкой на 10–12 см под зерновые. Несмотря на увеличение издержек на применение азотных удобрений, дифференцированное их внесение с использованием систем спутниковой навигации и снижение затрат на проведение обработки почвы без оборота пласта, производство яровой пшеницы было более рентабельным на данных вариантах – 110,1–110,3 %, чем при отвальной обработке.

Таким образом, при безотвальной и «нулевой» обработках почвы природные процессы накопления нитратного азота протекали менее интенсивно, чем при отвальной и дифференцированных обработках. В вариантах обработки почвы без оборота пласта запасы N-NO<sub>3</sub> в слое 0–20 см до внесения удобрений были низкими 6,3–8,0 мг/кг, а по вспашке и дифференцированной обработке – средними 10,1–11,8 мг/кг.

Традиционный способ внесения минеральных удобрений усредненной нормой не устранял пространственной вариабельности содержания нитратного азота по изучаемым системам основной обработки почвы. В фазе кущения яровой пшеницы на отвально и дифференцированно обработанных полях в слое 0–20 см содержание N-NO<sub>3</sub> составило 15,2–16,6 мг/кг, что соответствовало высокой обеспеченности растений. На безотвально обработанных и вариантах без основной обработки почвы растения имели только среднюю обеспеченность азотом в нитратной форме – 10,1–10,8 мг/кг.

Дифференцированное внесение минеральных удобрений с учетом содержания нитратного азота по вариантам основной обработки почвы снижало пространственную пестроту его наличия на 7,8 % перед посевом яровой пшеницы, а к фазе кушение – выход в трубку – на 9,3 %, но с преимуществом накопления N-NO<sub>3</sub> по ресурсосберегающим обработкам: 11,9–12,7 мг/кг почвы.

Оптимизация минерального питания при дифференцированном внесении азотных удобрений с использованием систем спутниковой навигации позволила получить наибольшую урожайность яровой пшеницы 3,63–4,03 т/га по изучаемым обработкам почвы без оборота пласта. Эффективность ресурсосберегающей основной обработки почвы повышается в системе точного земледелия при внесении минеральных удобрений с использованием систем спутниковой навигации.

Полученное зерно здесь имело низкую себестоимость 6273–7040 руб/т при более высокой рентабельности его производства – 49,5–110,3 %, по сравнению с отвальной обработкой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вильямс, В. Р. Собрание сочинений. Утрата почвой условия плодородия и система его восстановления / В. Р. Вильямс. – М.: Московский рабочий, 1948. – С. 180–281.
2. Мальцев, Т. С. Вопросы земледелия / Т. С. Мальцев. – М., 1955. – 432 с.
3. Власенко, А. Н. Возможности экологизации технологий в земледелии Сибири / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 9. – С. 21–24.
4. Абрамов, Н. В. Влияние дифференцированной основной обработки почвы на урожайность яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Зауралья / А. Н. Абрамов, С. А. Семизоров // Научные инновации – аграрному производству: Междунар. науч.-практ. конф. – Омск: ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П. А. Столыпина, 2013. – С. 108–110.
5. Гамзиков, Г. П. Агрохимия азота в агроценозах / Г. П. Гамзиков. – Новосибирск, 2013. – 790 с.
6. Sherstobitov, S. The results of the differential mineral fertilization in the automatic mode according to the task map / S. Sherstobitov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Workshop «Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019», Krasnoyarsk, 04–06 апреля 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. – P. 62011. – DOI 10.1088/1757-899X/537/6/062011.
7. Ермохин, Ю. И. Метод «испрод» оптимальных уровней содержания и ионного равновесия в почве и растениях. Аграрию быть / Ю. И. Ермохин. – Омск: ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П. А. Столыпина, 2021. – 420 с.
8. Демина, О. Н. Влияние минеральных удобрений на нитратный режим и нитрификацию чернозема выщелоченного в Северном Зауралье / О. Н. Демина, Д. И. Еремин // Агрохимический вестник. – 2021. – № 2. С. 10–14. doi: 10.24412/1029-2551-2021-2-002.
9. Власенко, А. Н. Система no-till на черноземных почвах Северной лесостепи Западной Сибири / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко // Плодородие. – 2021. – № 3 (120). – С. 81–83. doi: 10.25680/S19948603.2021.120.15.
10. Spatial distribution prediction of agro-ecological parameter using kriging / V. Yakushev, A. Petrushin, O. Mitrofanova [et al.] // E3S Web of Conferences: Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20–22 ноября 2019 года. – Moscow: EDP Sciences, 2020. – P. 06030. – DOI 10.1051/e3sconf/202016406030.
11. Сдобников, С. С. Вопросы земледелия в целинном крае / С. С. Сдобников. – М.: Колос, 1964. – 256 с.
12. Перфильев, Н. В. Эффективность систем основной обработки темно-серой лесной почвы при возделывании ячменя / Н. В. Перфильев, О. А. Вьюшина, А. Н. Власенко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2021. – Т. 51. – № 1. – С. 11–17. doi: 10.26898/0370-8799-2021-1-1.
13. Цифровое земледелие / В. И. Кирюшин, А. Л. Иванов, И. С. Козубенко [и др.] // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 5. – С. 4–9.
14. Петриков, А. В. Использование инновационных технологий различными категориями хозяйств и совершенствование научно-технологической политики в сельском хозяйстве / А. В. Петриков // АПК: экономика, управление. – 2018. – № 9. – С. 4–11.
15. Proceedings of the International Conference on Sustainable Development of Cross-Border Regions: Economic, Social and Security Challenges (ICSDCBR 2019) : The conference proceedings, Barnaul, 19–20 апреля 2019 года. – Barnaul: Atlantis Press, 2019. – 996 p.
16. Bauer V. P., Podvoisky G. L., Kotova N. E. Adaptation Strategies of the U.S. Companies to the Digitalization of Production // The world of new economy. 2018. Vol. 12. No. 2. P. 78–89. (In Russ.) <https://doi.org/10.26794/2220-6469-2018-12-2-78-89>.
17. Якушев, В. П. Вариограммный анализ для обоснования технологий точного земледелия / В. П. Якушев, Е. Е. Жуковский, В. В. Якушев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2009. – № 3. – С. 16–20.
18. Афанасьев, Р. А. Агрохимические принципы точного земледелия / Р. А. Афанасьев // Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве: Сб. статей. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2013. – С. 3–7.
19. Информационное обеспечение современных систем земледелия в России / В. П. Якушев, В. В. Якушев, С. Ю. Блохина [и др.] // Вестник Российской академии наук. – 2021. – Т. 91. – № 8. – С. 755–768. doi: 10.31857/S0869587321080090.
20. Application of photometry for crops online diagnostics of the nitrogen nutrition of plants / O. A. Shchuklina, N. N. Langaeva, I. N. Voronchikhina [et al.] // IOP conference series: earth and environmental science: Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products Сер. 2, Smolensk, 25 января 2021 года. – Smolensk, 2021. – P. 022064. – DOI 10.1088/1755-1315/723/2/022064.
21. Агротехническая диагностика потребности полевых культур в азотных удобрениях / В. М. Красницкий, И. А. Бобренко, А. Г. Шмидт [и др.] // Плодородие. – 2020. – № 6 (117). – С. 40–44. doi: 10.25680/S19948603.2020.117.12.
22. Шарипов, Ш. И. Цифровая трансформация сельского хозяйства: тенденции и пути стимулирования / Ш. И. Шарипов, Ч. М. Мутуев, З. М. Курбанов // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 11. – С. 88–90.
23. Абрамов, Н. В. Земледелие с использованием космических систем / Н. В. Абрамов, С. А. Семизоров, С. В. Шерстобитов // Земледелие. – 2015. – № 6. – С. 13–17.
24. Боронтов, О. К. Эффективность основной обработки почвы под сахарную свёклу в ЦЧЗ / О. К. Боронтов, П. А. Косякин, М. Н. Елфимов // Земледелие. – 2013. – № 4. – С. 20–23.
25. Боронин, А. А. Перспективные технологии обработки почвы / А. А. Боронин, А. Э. Лощина // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2015. – № 2 (42). – С. 130–135.

## ПРОДУКТИВНОСТЬ БИНАРНЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ ЭСПАРЦЕТА ПЕСЧАНОГО И ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ СО ЗЛАКОВЫМИ ТРАВАМИ

С. С. КИРИЛКИН, Б. В. ШЕЛЮТО

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 20.04.2023)

В статье рассматривается урожайность эспарцета песчаного и люцерны изменчивой в бинарных смесях со злаковыми травами в условиях Могилевской области на базе «Опытное поле УО БГСХА». Установлено, что эспарцет песчаный и люцерна изменчивая в смеси со злаковыми травами формируют в год посева от 148,9 до 161,5 ц/га, во второй год жизни растений – от 270,2 до 339,1 ц/га. Наибольшую урожайность на второй год жизни имела люцерна изменчивая в смеси с овсяницей луговой.

Доля участия бобовых компонентов в общем урожае травосмесей составила в год посева от 52,8 до 60,1 %, во второй год – от 64,4 до 74,1 %.

Полевая всхожесть бобовых трав находилась на уровне 51,6–64,4 %, злаковых 73,4–81,7 %, выживаемость растений бобовых трав составила 80,6–87,8 %, а зимостойкость – 82,3–89,1 %. Наиболее высокую полевую всхожесть и зимостойкость имела люцерна изменчивая, а выживаемость – эспарцет песчаный.

Доля сорного разнотравья была довольно высокой в год посева 25,5–28,1 %, во второй год жизни трав снизилась до 12,2–13,9 %. Среди сорного разнотравья преобладали пырей ползучий и пастушья сумка.

**Ключевые слова** эспарцет песчаный, люцерна изменчивая, урожайность, полевая всхожесть, перезимовка, зимостойкость, сорное разнотравье, доля участия вида в травосмеси.

The article deals with the yield of sandy sainfoin and alfalfa in binary mixtures with cereal grasses in the conditions of the Mogilev region on the "Experimental field of BSAA". It was established that the sainfoin and alfalfa Variegated in mixtures with cereal grasses form 148,9 to 161,5 c/ha in the year of sowing and from 270,2 to 339,1 c/ha in the second year of plants life. The highest yield in the second year of life had alfalfa variegated in a mixture with meadow fescue.

The share of legume components in the total yield of grass mixtures was from 52.8 to 60.1 % in the year of sowing, and from 64.4 to 74.1 % in the second year.

Field germination of legume grasses was 51,6–64,4 %, that of cereals 73,4–81,7 %, survival rate of legume grass plants was 80,6–87,8 %, and winter hardiness – 82,3–89,1 %. The highest field germination and winter hardiness had alfalfa variegated, and survival rate was sandy sainfoin.

The proportion of weedy grasses was rather high in the year of sowing 25.5–28.1 %, and decreased to 12.2–13.9 % in the second year of grass life. Creeping couch grass and shepherd's purse dominated among weeds.

**Key words:** sandy sainfoin, variegated alfalfa, yield, field germination, overwintering, winter hardiness, weedy grasses, proportion of species in the grass mixture.

### Введение

Эффективность ведения кормопроизводства в Беларуси в современных условиях во многом определяется состоянием травосеяния на полевых землях и эффективностью ведения лугопастбищного хозяйства. Так, общая посевная площадь сельскохозяйственных культур в 2022 году в хозяйствах всех категорий (в сельскохозяйственных организациях, фермерских хозяйствах, хозяйствах населения) составила 5772,2 тыс. гектаров. На долю сельскохозяйственных организаций приходилось 92,1 % от общей посевной площади, фермерских хозяйств – 3,5%, хозяйств населения – 4,4%.

В 2022 году в хозяйствах всех категорий намолочено зерна (в весе после доработки) 8,7 млн тонн при средней урожайности 34,5 центнера с одного гектара (рис. 1). По данным Белстата, как видно на рисунке, на долю кормовых культур пришлось 41,8 % в том числе в зеленой массе [6].



Рис. 1. Структура посевной площади в хозяйствах всех категорий в 2022 году (в % к итогу)

Большую часть культур скармливают скоту в сыром виде, что позволяет говорить о необходимости расширения видового состава кормовой базы. Наряду с традиционно возделываемыми бобовыми культурами, такими как клевер луговой, люцерна посевная заслуживают внимание такие культуры как эспарцет песчаный и люцерна изменчивая.

Эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria* (Kit.)) и Люцерна изменчивая (гибридная) (*Medicago varia* (Mart.)) – многолетние травянистые растения семейства бобовые (Fabaceae). Являются высокоурожайными культурами, в зависимости от региона возделывания бобовых трав урожайность зеленой массы составляет от 120 до 400–500 ц/га, в острозасушливых регионах эспарцет песчаный обеспечивает сбор кормовой массы на уровне люцерны. Люцерна, исходя из многолетних наблюдений большого числа исследователей, является культурой, способной произрастать без перезалужения более 4–6 лет, а иногда и более [2, 5].

#### **Основная часть**

На базе УО БГСХА «Опытные поля» был заложен опыт для определения урожайности бинарных травосмесей эспарцета песчаного сорта Караневіцкі и люцерны изменчивой Прыгажуня Палесся в смеси со злаковыми травами:

- 1) эспарцет песчаный + кострец безостый;
- 2) эспарцет песчаный + фестулолиум;
- 3) эспарцет песчаный + овсяница луговая;
- 4) люцерна изменчивая + райграс пастбищный;
- 5) люцерна изменчивая + фестулолиум;
- 6) люцерна изменчивая + овсяница луговая.

В опытах норма высева принимается в размере 4,5 млн. всхожих семян на гектар, что в весовой массе составляет для эспарцета песчаного – 0,675 ц/га. и люцерны изменчивой – 0,30 ц/га.

Исследования выполнялись в 2021–2022 гг. на территории Горьковского района Могилевской области Республики Беларусь на базе кафедры кормопроизводства и хранения продукции растениеводства УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». Посадку растений проводили вручную, согласно схеме опыта, скарифицированными семенами.

Варианты опыта закладывались в 4-кратной повторности, учетная площадь каждой делянки составляла 10 м<sup>2</sup>.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, слабо- и среднесуглинистая (Umbric Retisols, WRB, 2014; Eutric Podzoluvisols, FAO, 1988) [7]. Агротехнические показатели пахотного слоя 0–20 см следующие: рН<sub>KCl</sub> 6,6; гидролитическая кислотность – 0,86 мг-экв. на 100 г почвы; степень насыщенности основаниями – 96 %; содержание гумуса (по Тюрину) – 1,65 %; подвижных соединений P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O – 181 и 192 мг на 1 кг почвы соответственно.

В течение вегетации проводили фенологические наблюдения за сроками наступления очередных фаз развития. Началом наступления очередной фазы развития считали наступление ее у 10 % растений, а полную фазу отмечали при наступлении ее у 75 % растений на делянках [3, с. 23–24].

Урожайность зеленой массы в опытах определяли методом сплошного скашивания растений со всей делянки и их взвешивания. Параллельно отбирали растительные образцы в металлические боксы для высушивания, определения содержания влаги и пересчета на выход сухого вещества [3, с. 28]. Расчет чистой продуктивности фотосинтеза определялось по формуле Веста-Брикса [4].

Статистическую оценку экспериментальных данных выполняли по методике Б. А. Доспехова [1, с. 228–231].

Способность эспарцета песчаного и люцерны изменчивой в смеси со злаковыми травами противостоять погодным условиям Могилевской области представлена показателями полевой всхожести, выживаемости и зимостойкости (таблице 1). Полевая всхожесть бобовых трав находилась на уровне 51,6–64,4 % и злаковых трав культур, причем более высокой она была у люцерны изменчивой. Эспарцет в силу своих биологических особенностей (семена находятся в бобиках, покрытых плотной оболочкой) имел всхожесть от 51,6 % в смеси с кострцом безостым до 55,8 % в смеси с овсяницей луговой.

Выживаемость бобовых культур была от 80,6 до 87,9 %. Наиболее жизнестойкими были всходы у эспарцета песчаного 87,2–88,4 %, выживаемость растений люцерны составила к концу вегетации 80,6–81,9 %. Обе бобовые культуры имели более высокую выживаемость с смеси с овсяницей луговой.

Бобовые культуры показали не плохие показатели в зимостойкости, которая составила у эспарцета песчаного от 82,3 % до 84,2 %, а у люцерны изменчивой от 87,6 % до 89,6 %.

Полевая всхожесть злаковых трав в смеси с бобовыми была довольно высокой от 72,8 до 82,3 %, выживаемость составила 87,6—94,7 %, а зимостойкость – 97,4—98,7 %.

Таблица 1. Полевая всхожесть, выживаемость и зимостойкость бобово-злаковых смесей

Варианты	Полевая всхожесть		Выживаемость		Зимостойкость растения	
	шт/м <sup>2</sup>	%	шт/м <sup>2</sup>	%	шт/м <sup>2</sup>	%
1. Эспарцет + Кострец безостый	242/550	51,6/73,4	211/482	87,2/87,6	174/470	82,3/97,4
2. Эспарцет песчаный + Фестулолиум	256/609	54,6/81,2	225/544	87,9/89,4	188/534	83,4/98,1
3. Эспарцет песчаный + Овсяница луговая	262/606	55,8/80,8	231/559	88,4/92,3	195/552	84,2/98,7
4. Люцерна + Кострец безостый	505/546	60,2/72,8	407/488	80,6/89,4	357/476	87,6/97,6
5. Люцерна + Фестулолиум	530/617	63,1/82,3	431/569	81,3/92,3	386/559	89,6/98,4
6. Люцерна + Овсяница луговая	541/612	64,4/81,7	443/579	81,9/94,7	395/567	89,1/97,9

Примечание: бобовые/злаки.

В табл. 2 представлены данные по урожайности изучаемых травостоев за 2 года жизни.

Таблица 2. Урожайность бинарных травосмесей эспарцета песчаного и люцерны изменчивой со злаковыми травами, ц/га

Вариант опыта	Урожайность з/м, ц/га					
	Год посева		Первый год использования			
	1-й Укос	Всего	1-й Укос	2-й Укос	В сумме за два укоса	Всего
1. Эспарцет песчаный + Кострец безостый	119,7+32,4	152,1	123,5+35,1	78,5+33,1	202+68,2	270,2
2. Эспарцет песчаный + Фестулолиум	124+26,4	150,4	136,2+23,8	82,9+26,4	219,1+50,2	269,3
3. Эспарцет песчаный + Овсяница луговая	118,9+41,2	160,1	119,6+39,7	93+36,7	212,6+76,4	289,0
4. Люцерна + Кострец безостый	129,7+31,8	161,5	152,4+33	94,4+26,2	246,8+59,2	306,0
5. Люцерна + Фестулолиум	125,6+28,5	154,1	174+29,1	98,4+23,7	272,4+52,8	325,2
6. Люцерна + Овсяница луговая	127,1+22,7	149,8	187,3+24,5	102+25,4	289,2+49,9	339,1
НСР	0,21	0,68	3,34	1,58	2,33	1,16

В год посева полученная урожайность зеленой массы за один укос составила от 150,4 ц/га до 160,1 ц/га у эспарцета в смеси с различными злаковыми травами, а у люцерны от 149,8 ц/га до 161,5 ц/га. Такую урожайность можно объяснить тем, что в первый год жизни культуры скашивались только однократно, так как полностью не смогли сформироваться за вегетационный период в конкуренции с сорной растительностью.

Во второй год жизни (первый год использования) урожайность значительно выше и составляет у эспарцета от 269,3 ц/га до 289 ц/га, а у люцерны она составила от 306 ц/га до 339,1 ц/га, что превысило урожайность эспарцета на 36,7–50,1 т/га зеленой массы. Это связано с тем, что люцерна по сравнению с эспарцетом имеет более развитую надземную массу при одинаковых условиях произрастания. Из злаковых трав наибольшую долю в урожае с эспарцетом песчаным обеспечила овсяница луговая (в год посева 41,2 т/га и первый год пользования 76,4 т/га), в смеси с люцерной гибридной – кострец безостый (в год посева 31,8 т/га и первый год пользования 59,2 т/га). Однако, в первый год жизни обе бобовые культуры наиболее высокую урожайность 289,0 и 339,1 т/га обеспечили в смеси с овсяницей луговой. Травосмеси с фестулолиум по урожайности были достоверно ниже в смеси с эспарцетом на 19,7 и с люцерной на 13,9 т/га.

Таблица 3. Доля участия люцерны изменчивая и эспарцета песчаного со злаковыми травами в урожае, %

Вариант	Год посева		Второй год жизни	
	Бобовые+злаки	Сорных растений	Бобовые+злаки	Сорных растений
			Средневзвешенный процент	
1. Эспарцет песчаный + Кострец безостый	54,5+17,5	28,0	64,4+21,7	13,9
2. Эспарцет песчаный + Фестулолиум	58,4+14,6	27,0	71,2+16,3	12,5
3. Эспарцет песчаный + Овсяница луговая	52,8+21,7	25,5	64,6+23,2	12,2
4. Люцерна изменчивая + Кострец безостый	57,1+16,5	26,4	69,8+16,7	13,5
5. Люцерна изменчивая + Фестулолиум	56,8+15,1	28,1	73,0+14,2	12,8
6. Люцерна изменчивая + Овсяница луговая	60,1+12,5	27,4	74,1+12,8	13,1

В табл. 3 представлена доля участия компонентов в общем урожае травосмесей. Из данных таблицы видно, что доля злакового компонента в травосмеси в год посева составляет у эспарцета песчаного от 14,6 % до 21,7 %, а у люцерны от 12,5 % до 16,5 %. Во второй год жизни (первый год использования) преобладание злакового компонента возрастает за счет снижения процента сорной растительности в урожае, которая в первый год жизни составляла у травосмесей с эспарцетом от 25,5 до 28,0 %, а у люцерны от 26,4 до 28,1 %. Во втором же году величина средневзвешенного процентного соотношения сорняков в урожае составила у эспарцета от 12,2 % до 13,9 %, а у люцерны от 12,8 % до 13,5 %.

Доля злакового компонента на второй год жизни повышается в травосмесях эспарцета песчаного до 16,3–23,2 %, и практически остается неизменной с первым годом жизни трав в смеси с люцерной

изменчивой. Соответственно на второй год жизни повышается доля урожайности люцерны в травостоях со злаковыми травами.

В год посева эспарцет песчаный обеспечил от 52,8 до 58,4 % урожая травосмесей, причем менее угнетался он в смеси с фестулолиумом, а больше в смеси с овсяницей луговой. На второй год жизни средневзвешенная доля эспарцета у суммарного урожая за 2 укоса составила от 64,4 до 71,2 %, в смеси с фестулолиум его доля была выше и составила 71,2 %.

Люцерна изменчивая в год пользования обеспечила от 56,8 до 70,1 % урожая травосмесей. Наибольший ее процент был в смеси с овсяницей луговой, наименьший с фестулолиумом. На второй год жизни доля участия люцерны в смеси повысилась до 59,8–74,1 %. Больше всего люцерны было в травосмеси с овсяницей луговой, а меньше с кострцом безостым.

Состав сорной растительности в год посева представлен в среднем по вариантам опыта. Как видно из данных табл. 4 сорную растительность представляли пырей ползучий 46,4 % от количества всех сорняков или 12,6 % от содержания сорняков в урожае зеленой массы в среднем по вариантам опыта, пастушья сумка соответственно 23,6 и 6,38 %, ромашка аптечная 17,8 и 4,82 %, тысячелистник обыкновенный 12,2 и 3,3 %.

Таблица 4. Видовой состав сорной растительности

Вид сорной растительности	Год посева		Второй год жизни	
	% содержания в сорной примеси	% содержания в общей зеленой массе	% содержания в травостое в	% содержания в общей зеленой массе
Пырей ползучий ( <i>Agropyrum repens</i> )	46,4	12,6	51,1	6,64
Пастушья сумка ( <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.)	23,6	6,38	21,8	2,83
Ромашка аптечная ( <i>Chamomilla recutita</i> L.)	17,8	4,82	15,2	1,98
Тысячелистник обыкновенный ( <i>Achillea millefolium</i> L.)	12,2	3,3	11,9	1,55

На второй год жизни содержание сорняков в общем урожае снизилось, на пырей ползучий приходилось только 6,64% от урожая травосмесей, пастушью сумку – 2,83%, ромашку аптечную – 1,987% и тысячелистник обыкновенный – 1,55%.

### Заключение

Возделывание эспарцета песчаного и люцерны изменчивой в смеси со злаковыми травами показало, что полевая всхожесть бобовых трав находилась на уровне 51,6–64,4 %, злаковых 73,4–81,7 %, выживаемость растений бобовых трав составила 80,6–87,8 %, а зимостойкость – 82,3–89,1 %. Наиболее высокую полевую всхожесть и зимостойкость имела люцерна изменчивая, а выживаемость – эспарцет песчаный.

Полевая всхожесть злаковых трав была на уровне 72,8–82,3 %, выживаемость – 87,6–94,7 % и зимостойкость – 97,4–98,4 %. Из злаковых трав наилучшие показатели имела овсяница луговая.

Урожайность бинарных травосмесей в год посева составила от 148,9 до 161,5 ц/га, во второй год жизни растений – от 270,2 до 339,1 ц/га. Наибольшую урожайность на второй год жизни имела люцерна изменчивая в смеси с овсяницей луговой.

Доля участия бобовых компонентов в общем урожае травосмесей составила в год посева от 52,8 до 60,1 %, во второй год – от 64,4 до 74,1 %. Доля сорного разнотравья была довольно высокой в год посева 25,5–28,1 %, во второй год жизни трав снизилась до 12,2–13,9 %. Среди сорного разнотравья преобладал пырей ползучий и пастушья сумка.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, – 1985. – 351 с.
2. Матолинец, Н. Н. / Диссертационная работа: Приемы возделывания эспарцета песчаного на кормовые цели в среднем предуралье / Матолинец Н. Н., Волошин В. А. Пермский ФИЦ УрО РАН. – Пермь, 2020. – 181 с.
3. Методика полевых опытов с кормовыми культурами / Всесоюзн. научно-исслед. ин-т кормов им. В. Р. Вильямса. – М., 1971. – 158 с.
4. Моисеев, В. П. Методические указания / В. П. Моисеев; Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; сост. Н. П. Решецкий. – Горки, 2009. – 124 с.]
5. Осипова, В. В. / Научное обоснование возделывания люцерны (*Medicago L*) в адаптивном земледелии Республики Саха (Якутия) / Осипова В. В., Денисов Г. В.; Якутская государственная с.-х. академия. – Москва, 2018. – 394 с.
6. Электронный ресурс: [https://www.belstat.gov.by/upload-belstat/upload-belstat-pdf/oficial\\_statistika/infografika-potreb\\_ceny-2023.pdf](https://www.belstat.gov.by/upload-belstat/upload-belstat-pdf/oficial_statistika/infografika-potreb_ceny-2023.pdf) / Дата доступа 20.01.2023 года.
7. Tamara Myslyva. Use of medium and high-resolution remote sensing data and markov chains for forecasting productivity of non-conventional fodder crops / Tamara Myslyva, Branislava Sheliuta, Vera Bushueva // Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LXIV, №. 1, 2021 ISSN 2285-5785; ISSN CD-ROM 2285-5793; ISSN Online 2285-5807; ISSN-L 2285-5785.

## МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 631.331:633.853.494

### ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОСЕВА РАПСА

Д. А. ЛУКЬЯНОВ, А. Н. КАРТАШЕВИЧ, В. Н. БОСАК

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 231407, e-mail: den-22-12@mail.ru*

*(Поступила в редакцию 09.02.2023)*

*Основными сельскохозяйственными культурами, возделываемыми в Республике Беларусь с целью производства растительного масла, являются крестоцветные культуры (рапс, горчица, сурепица, редька масличная), а также масличный лен, подсолнечник и соя. В последнее время наибольшее внимание уделяется производству рапса, поскольку он является не только уникальной масличной культурой, имеющей широкое применения в пищевых и технических целях, но и наиболее подходит для возделывания в почвенно-климатических условиях нашей страны. В агротехническом цикле технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и рапса, особое внимание следует уделять посеву. Технический и технологический уровни посева в значительной степени определяют полноту использования почвенных ресурсов с целью получения максимального урожая с оптимальным качеством товарной продукции. К посеву обычно предъявляют три основных требования – высев необходимого количества семян на единицу площади, равномерное их размещение и заделка на одинаковую, близкую к оптимальной, глубину. Эти требования направлены на создание необходимой густоты стояния растений и обеспечение условий, при которых факторы жизнедеятельности агрофитоценоза (влаги, тепла, света, минеральное питание) должны быть в одинаковой доступности для всех растений.*

*Современные сеялки используют различные по конструкции аппараты высева, но и они не всегда обеспечивают равномерное распределение семян по заданным условиям для создания оптимальной зоны питания растений. Потенциал конструктивно простых механических аппаратов точного высева в направлении повышения равномерности высева, не реализован полностью.*

*В представленном материале приведены условия посева рапса для обеспечения оптимальной площади питания, а также анализ пропашных сеялок, которые используются для посева данной культуры. Приведены результаты лабораторных и полевых экспериментов, доказывающие рациональность принятых решений.*

**Ключевые слова:** рапс, посев, равномерность, сеялка, ширина междурядья.

*The main agricultural crops cultivated in the Republic of Belarus for the production of vegetable oil are cruciferous crops (rapeseed, mustard, colza, oil radish), as well as oil flax, sunflower and soybeans. Recently, the most attention has been paid to the production of rapeseed, since it is not only a unique oilseed crop that is widely used for food and technical purposes, but is also most suitable for cultivation in the soil and climatic conditions of our country.*

*In the agrotechnical cycle of crop cultivation technologies, including rapeseed, special attention should be paid to sowing. The technical and technological levels of sowing largely determine the completeness of the use of soil resources in order to obtain the maximum yield with the optimal quality of marketable products. There are usually three main requirements for sowing – sowing the required number of seeds per unit area, their uniform placement and planting to the same, close to optimal, depth. These requirements are aimed at creating the necessary plant density and providing conditions under which the vital factors of agrophytocenosis (moisture, heat, light, mineral nutrition) should be equally accessible to all plants.*

*Modern seeders use seeding devices of various designs, but even they do not always provide a uniform distribution of seeds under given conditions to create an optimal plant nutrition zone. The potential of structurally simple mechanical precision seeding machines in the direction of increasing the uniformity of seeding has not been fully realized.*

*The presented material presents the conditions for sowing rapeseed to ensure the optimal feeding area, as well as an analysis of row seeders that are used for sowing rapeseed. The results of laboratory and field experiments are presented, proving the rationality of the decisions made.*

**Key words:** rapeseed, sowing, uniformity, seeder, row spacing.

#### **Введение**

Устойчивое развитие агропромышленного комплекса позволяет не только обеспечить собственную продовольственную безопасность, но и расширить возможности экспортного потенциала Республики Беларусь, чему в значительной степени способствует внедрение инновационных технологий в производство [1].

Вместе с тем анализ развития сельского хозяйства в последние годы показывает несоответствие капитальных вложений выходу продукции: энерговооруженность труда возросла в 2 раза, а объем продукции в среднем увеличился лишь на 25 %. Такое несоответствие частично объясняется тем, что при разработке и стандартизации сельскохозяйственной техники мало внимания уделяется унификации конструкций сельскохозяйственных машин, их рабочих органов, узлов и деталей на базе совершенствования соответствующих технологических приемов. В настоящее время перед сельским хозяйством нашей страны поставлена задача нарастить производство продукции АПК, в том числе растительного кормового белка, за счет расширения посевов и повышения урожайности бобовых и зернобобовых, а также масличных культур (рапса, подсолнечника, сои, льна, горчицы и др.) [2–19].

Озимый и яровой рапс является основной масличной и важной белковой культурой Беларуси, учитываемая почвенно-климатические условия нашей страны. По пищевым и кормовым достоинствам рапс значительно превосходит многие сельскохозяйственные культуры. В его семенах содержится 40...48 % масла и 21...23 % белка. Жиры и белки рапса имеют важное пищевое и кормовое значение. Рапсовое масло белорусских сортов по качеству близко к подсолнечному. Широкое применение данный продукт находит в химической промышленности, при производстве биотоплива и ряде других отраслей [9, 17, 20–28].

Сев мелкосеменных культур, в том числе и рапса, проводится специализированными сеялками. Однако качество посева, выполняемого этими сеялками, не всегда удовлетворяет предъявляемым агротехническим требованиям, что делает актуальным совершенствование конструкторских решений при разработке посевных агрегатов [29–36].

Цель статьи – проанализировать условия посева рапса для обеспечения оптимальной площади питания, а также привести результаты анализа пропашных сеялок, которые используются для посева данной культуры.

#### **Основная часть**

Одним из наиболее сложных и важных вопросов в технологии возделывания рапса на семена и зеленый корм является получение заданного количества растений на гектаре при равномерном их размещении по длине рядка. Качественная работа высевочных аппаратов сеялки во многом определяет вариацию интервалов между растениями в рядке, а, следовательно, и величину будущего урожая. Для улучшения равномерности посева используют пневматические, гидравлические и другие относительно сложные высевочные аппараты. В то же время, потенциал конструктивно простых механических аппаратов, в направлении повышения равномерности посева, не реализован полностью [37–40].

Качество распределения растений вдоль рядка определяется следующими основными факторами: почвенно-климатическими условиями, конструкцией и работой высевочного аппарата, качеством посевного материала, технологией возделывания культуры. Высевочный аппарат должен равномерно распределять семена вдоль рядка на заданной глубине. При этом вариация интервалов между семенами должны быть минимальной, что является одним из необходимых условий нормальной вегетации рапса и получения высоких урожаев семян и зеленой массы.

В настоящее время в основном используется рядовой посев рапса катушечными высевочными аппаратами, который характеризуется большими нормами посева и неравномерностью распределения семян. В последнее время для посева рапса начали применять пунктирный посев переоборудованными аппаратами точного посева, позволяющими снизить коэффициент вариации интервалов между семенами на 20...30 % в сравнении с катушечными высевочными аппаратами.

Комплексная механизация сельскохозяйственного производства предусматривает следующие машины для посева трав мелкосеменных культур: СЗТ-3,6 с дополнительным приспособлением для посева люцерны, донника, клевера, рапса; СЛТ-3,6 – зернотукотравяная, лугопастбищная; СЗЛ-3,6 – сеялка зернольняная; СПР-6 – сеялка для посева рапса, а также овощные сеялки СОН-2,8, СО-4,2, СО-5,4. Данные сеялки могут производить посев рядовым и широкорядным способами, но при этом они не обеспечивают оптимальную норму посева, в результате чего получают загущенные посевы, которые ведут к снижению урожайности зеленой массы и семян [41].

При широкорядном посеве зернотравяными сеялками часть высевочных аппаратов закрывают заслонками. Однако этот прием не устраняет указанный недостаток. Использование пневматической транспортировки семян на рапсовой сеялке приводит к увеличению разброса семян в борозде. Более рационально при широкорядном посеве использовать овощные сеялки с полозovidными сошниками, которые лучше уплотняют дно бороздки [42]. Основным недостатком использования вышеперечисленных сеялок при посеве мелких сыпучих семян является сложность установки их на заданную норму посева и обеспечение требуемой равномерности. Поэтому при использовании зернотравяных и овощных сеялок, особенно при посеве

малыми нормами, рекомендуется к семенам добавлять балласт в виде песка, гранулированных удобрений, невсхожих семян, что приводит к улучшению качества посева [43]. К общим недостаткам, присущим этим сеялкам, относятся повреждение семян при выходе высевающего диска из зоны заполнения, утечка семян из семенного бункера при нарушении герметизации и в момент транспортировки семян ячейками до зоны выброса. Таким образом, основной причиной указанных недостатков при посеве перечисленными сеялками является конструкция высевающего аппарата и режимы работы. Развитие технологии посева сельскохозяйственных культур привело к преимущественному пунктирному способу. Совершенствование конструкций высевающих аппаратов сеялок точного посева направлено на дальнейшее повышение точности отбора семян, универсальности (возможности посева семян, различающихся физико-механическими свойствами) и снижение дробления посевного материала [34, 35, 41]. Для поштучного посева наибольшее распространение получили дисковые аппараты, включающие ячеистый диск, который может устанавливаться горизонтально, наклонно или вертикально. Наилучшую равномерность посева обеспечивают вертикально-дисковые высевающие аппараты. Вращение высевающего диска в сторону, противоположную движению сеялки, позволяет несколько снизить скорость семян относительно почвы и уменьшить их раскатывание по дну бороздки. У аппарата этого типа точка выброса семян максимально приближена к поверхности почвы и составляет 0,4...0,5 м.

Многие зарубежные исследователи вели и продолжают теоретические и экспериментальные исследования по обоснованию формы ячеек и режимов работы, расширения технологических возможностей вертикально-дисковых высевающих аппаратов. Из-за простоты конструкции, компактности и качественного распределения семян аппараты с вертикальным диском нашли наиболее широкое распространение на посевах пропашных культур, в том числе и мелкосеменных.

В механических аппаратах наиболее распространенными отбирающими семенами элементами являются ячейки различной формы и размеров. Чем точнее соответствие между размерами семян и ячеек, тем выше качество одиночного заполнения последних и выше равномерность посева. Сложная форма мелких семян и вариация их размеров делают задачу создания аппаратов точного посева технически непростой. Попытки повысить качество посева привели к появлению и развитию пневматических аппаратов, у которых поштучный отбор семян осуществляет вакуум. Качество единичного отбора семян аппаратами такого типа в меньшей степени, чем у механических, зависит от вариации размеров семян. Определяющим являются форма семян и шероховатость их поверхности.

К принципиальным недостаткам высевающих аппаратов пневматического действия относится большая стоимость и сложное конструктивное исполнение при их простом принципе работы. Использование таких типов высевающих аппаратов для посева мелкосеменных культур сдерживается тем, что чем меньше диаметр присасывающих отверстий, тем больше опасность забивания их пылью, мелкими обломками семян или другими примесями, что приводит к нарушению процесса посева.

В УО БГСХА были проведены исследования по возделыванию рапса с различными моделями площади питания одного растения, ограниченными различной шириной междурядий и расстоянием между растениями в рядке. Ширина междурядий выбиралась по параметрам серийных сеялок, и варьировала от 7,9 до 50 см, расстояние между растениями в рядке изменялось от 2,5 до 19,4 см. Изучались шесть показателей густоты: 27, 53, 80, 107, 133, 160 шт/м<sup>2</sup>. В пределах каждого показателя густоты закладывали четыре варианта с различным соотношением сторон – от 1,0 : 11,4 до 1,0 : 1,0. Таким образом, конфигурация площади питания одного растения изменялась по вариантам от вытянутого прямоугольника до квадрата [44–47].

Результаты опытов показали, что наибольшая листовая поверхность на 1 м<sup>2</sup> в фазе цветения и площадь поверхности стручков в фазе зеленой спелости образуется при густоте 107 шт/м<sup>2</sup>. С увеличением междурядий и загущением между растениями в рядке при неизменной густоте площадь листьев уменьшается. Высокие показатели площади листьев и прироста сухой биомассы растений на единицу листовой были получены при квадратных схемах посева 9,7 × 9,7 см (107 шт/м<sup>2</sup>) и 11,2 × 11,2 см (80 шт/м<sup>2</sup>). Проведем анализ существующих сеялок точного посева, могут ли они обеспечить высева семян рапса по схеме посева 9,7 × 9,7 см или 11,2 × 11,2 см.

К механическим сеялкам относятся сеялки фирмы Kinze (рис. 1), John Deere, Great Plains и другие, которые оснащаются высевающими аппаратами с пальчиковым или щеточным механизмом дозирования семян. Эти сеялки просты в эксплуатации, они гарантируют качественный посев на скорости до 10 км/ч. Число посевных секций изменяется от 6 до 24 [48–50]. Пневматическая сеялка модели ТС-М 8000А (рис. 2) предназначена для посева большинства мелкосемянных культур (кормовой и сахарной свеклы, кукурузы, сорго, подсолнечника, бахчевых, сои и др. На сеялке устанавливается аппарат фирмы MaterMass. Особенностью этой модели является то, что посев осуществляется в области опорных колес

высевающей секции. Тем самым неровность почвы не влияет на глубину заделки семян. Аппарат Magic Sem фирмы MaterMass используют такие ведущие производители сеялок, как Mono Seed и Multicorn [51].



Рис. 1. Сеялка точного высева Kinze



Рис. 2. Сеялка TC-M 8000A

Практически для всех сеялок точного высева характерно наличие следующих одинаковых элементов: рамы, опорно-приводных колес, посевных секций и механизма передач. В зависимости от комплектации и настройки высевающего аппарата, сеялки точного высева обеспечивают расстояние между семенами в ряду от 2,1 до 35,2 см, т. е. могут обеспечить требуемый интервал между растениями по длине ряда, однако ширина междурядья находится в пределах 30...76 см.

Таким образом, стандартные сеялки точного высева не позволяют высевать рапс с междурядьем 9,7 или 11,2 см. Следовательно, для обеспечения оптимальной площади питания растений рапса, необходимо разработать сеялку точного высева, обеспечивающую посев с междурядьем 9,7 и 11,2 см и размещение семян по схеме квадрата 9,7 × 9,7 см, или 11,2 × 11,2 см. Этих параметров можно достичь или каскадным расположением стандартных высевающих аппаратов, или разработкой нового высевающего аппарата, обеспечивающего двух- или трехстрочный посев.

#### **Заключение**

Анализ результатов исследований возделывания рапса показал, что оптимальной схемой его посева является квадрат 9,7 × 9,7 см (107 шт./м<sup>2</sup>) и 11,2 × 11,2 см (80 шт./м<sup>2</sup>). Однако следует отметить, что высевающие аппараты для мелкосеменных культур изучены недостаточно, а выпускаемые серийно отечественные посевные машины не всегда отвечают агротехническим требованиям. Применяемые для посева зерновые и зернотравяные сеялки не позволяют обеспечить требуемую равномерность распределения семян, а сеялки точного высева – высевать семена с междурядьями меньше 30 см. Для обеспечения оптимальной площади питания растений рапса необходимо разработать сеялку точного высева с каскадным расположением стандартных высевающих аппаратов или с высевающим аппаратом нового типа, обеспечивающим двух- или трехстрочный посев.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеевко, О. В. Основные направления использования сельскохозяйственной техники при внедрении инновационных технологий в растениеводстве / О. В. Гордеевко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 10–13.
2. Бердович, Т. В. Влияние минеральных удобрений на урожайность сои в условиях дерново-подзолистой супесчаной почвы / Т. В. Бердович, В. Н. Босак // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси. – Пинск, 2009. – С. 182–183.
3. Босак, В. Н. Агрэоэкономическая эффективность применения удобрений при возделывании сои / В. Н. Босак, В. В. Скорина, Т. В. Колоскова // Почва, удобрение, урожай. – Горки: БГСХА, 2010. – С. 27–29.
4. Босак, В. Н. Влияние минеральных удобрений на фотосинтетическую деятельность посевов сои / В. Н. Босак, Т. В. Колоскова // Земледелие и защита растений. – 2013. – № 4. – С. 41–43.
5. Босак, В. Н. Возделывание сои в Республике Беларусь / В. Н. Босак, В. В. Скорина, Т. В. Колоскова // Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур: традиции и перспективы. – Москва: ВНИИССОК, 2010. – С. 135–140.
6. Босак, В. Н. Кормовая продуктивность сои в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве / В. Н. Босак, В. В. Скорина, Т. В. Колоскова // Агропанорама. – 2013. – № 2. – С. 12–14.
7. Босак, В. Н. Продуктивность сои в зависимости от минерального и бактериального удобрения / В. Н. Босак, Т. В. Колоскова // Современные технологии сельскохозяйственного производства. – Гродно: ГГАУ, 2014. – С. 38–40.
8. Босак, В. Н. Соя: особенности возделывания и применения удобрений / В. Н. Босак, Т. В. Колоскова // Наше сельское хозяйство. – 2012. – № 5. – С. 73–77.
9. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва, 2016. – 336 с.
10. Колоскова, Т. В. Агрэоэкономические аспекты агрохимических приемов возделывания сои *Glycine max* в Полесском регионе Республики Беларусь / Т. В. Колоскова, В. Н. Босак, В. В. Скорина // Молодежь в науке–2011. – Минск, 2011. – С. 81–85.
11. Колоскова, Т. В. Урожайность и качество зеленой массы сои в зависимости от применения удобрений / Т. В. Колоскова, В. Н. Босак, В. В. Скорина // Плодородие почв – основа устойчивого развития сельского хозяйства. – Минск, 2010. – С. 57–59.
12. Мастеров, А. С. Обоснование элементов технологии возделывания крестоцветных культур / А. С. Мастеров, Д. И. Романцевич, Е. А. Плевко. – Горки: БГСХА, 2021. – 292 с.
13. Основные приемы возделывания сои в Республике Беларусь / В. Н. Халецкий [и др.]. – Минск, 2012. – 24 с.
14. Парфеев, Ю. С. Особенности и перспективы возделывания сои в Беларуси / Ю. С. Парфеев, В. Н. Босак // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – С. 197–198.
15. Приемы возделывания бобовых овощных культур / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 183 с.
16. Сачивко, Т. В. Особенности хозяйственно полезных признаков различных видов горчицы / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, Я. Э. Пиллюк // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 47–51.
17. Справочник агронома / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2017. – 315 с.
18. Эффективность применения бактериальных удобрений при возделывании сои / В. Н. Босак [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 5. – С. 12–14.
19. Эффективность применения биоудобрения СояРиз на фоне минеральных удобрений при возделывании сои в почвенно-климатических условиях Беларуси / Л. Е. Картыжова [и др.] // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. – Рязань: РГАТУ, 2018. – С. 158–163.
20. Влияние удобрений на продуктивность ярового рапса на дерново-подзолистых легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах / Т. М. Серая [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 2. – С. 111–118.
21. Влияние удобрений на урожайность и качество зеленой массы ярового рапса на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т. М. Серая [и др.] // Кормопроизводство: технологии, экономика, почвосбережение. – Минск, 2009. – С. 152–155.
22. Карташевич, А. Н. Использование смесевых топлив на основе рапсового масла для сельскохозяйственных тракторов / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка. – Горки: БГСХА, 2012. – 210 с.
23. Ключкова, О. С. Озимый и яровой рапс / О. С. Ключкова, О. Б. Соломко. – Горки: БГСХА, 2016. – 24 с.
24. Новокшанов, Ф. А. Исследование мощностных показателей дизельного двигателя при работе на рапсовом масле с подачей воды на впуске / Ф. А. Новокшанов, А. Л. Бирюков, П. Ю. Мальшкин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 306–309.
25. Оптимизация основных параметров дизеля при его работе на многокомпонентной биотопливной композиции / С. А. Плотников [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2022. – Т. 89, № 2. – С. 91–99.
26. Пиллюк, Я. Э. Рапс в Беларуси: биология, селекция и технология возделывания / Я. Э. Пиллюк. – Минск: Бизнесофсет, 2007. – 240 с.
27. Приемы повышения продуктивности рапса / Е. И. Лупова [и др.]. – Елец, 2021. – 156 с.
28. Разработка технологий применения нетрадиционных топлив в дизелях / С. А. Плотников [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 2. – С. 7–18.
29. Амеличев, В. В. Исследование устойчивого хода двухдискового сошника для посева мелкосемянных культур / В. В. Амеличев, В. Р. Петровец // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 317–321.
30. Анищенко, А. С. Параметры взаимодействия семян с отражательными пластинами в сошниках пневматической сеялки / А. С. Анищенко, А. В. Ключков, В. А. Гермаковский // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 76–78.
31. Астахов, В. С. Совершенствование пневматических высевальных систем сеялок / В. С. Астахов. – Горки, 2007. – 148 с.
32. Гусаров, В. В. Становление и перспективы научной деятельности факультета механизации сельского хозяйства УО БГСХА / В. В. Гусаров, А. Е. Кондраль, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 3–6.
33. Петровец, В. Р. Производственные технологии и техническое обеспечение процессов в сельскохозяйственном производстве / В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2022. – 240 с.
34. Шварц, А. А. Повышение эффективности аппаратов точного высева мелкосемянных культур / А. А. Шварц, С. А. Шварц // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 9. – С. 104–110.

35. Шварц, С. А. Изыскание и исследование аппарата точного высева мелкосемянных культур: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С. А. Шварц. – Курск, 1999. – 187 с.
36. Эффективность использования устройства для повышения равномерности распределения семян вдоль ряда / А. С. Анищенко [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 54–57.
37. Белодедов, В. А. Оптимизация однозерновых высевающих аппаратов в связи с продольной равномерностью распределения семян: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук / В. А. Белодедов. – Москва, 1985. – 30 с.
38. Краснощеков, Н. В. Концепция разработки системы машинных технологий в растениеводстве / Н. В. Краснощеков, Э. И. Липкович // Тракторы и сельхозмашины. – 2008. – № 8. – С. 3–6.
39. Малофеев, В. Ю. Высевающий аппарат для посева льна-долгунца и внесения минеральных удобрений / В. Ю. Малофеев, Д. М. Рула, В. В. Голубев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 6. – С. 5–6.
40. Шишлов, С. С. Пневмомеханический высевающий аппарат / С. С. Шишлов, Т. М. Колоская, А. Н. Шишлов // Сельский механизатор. – 2015. – № 6. – С. 10–11.
41. Машины и оборудование в растениеводстве / А. В. Ключков [и др.]. – Минск: РИВШ, 2021. – 448 с.
42. Ахламов, Ю. Д. Обоснование и разработка средств механизации в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве многолетних кормовых трав: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук / Ю. Д. Ахламов. – Москва, 1990. – 32 с.
43. Василенко, В. Е. Обоснование процесса высева семян люцерны малыми нормами усовершенствованным вертикально-дисковым высевающим аппаратом: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / В. Е. Василенко. – Глеваха, 1983. – 18 с.
44. Соломко, О. Б. Влияние норм высева и схем посева на урожайность и экономическую эффективность выращивания ярового рапса / О. Б. Соломко // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – № 1. – С. 13–17.
45. Соломко, О. Б. Влияние различной ширины междурядий на урожайность зеленой массы ярового рапса сорта Водолей в условиях северо-восточной части Республики Беларусь / О. Б. Соломко, А. Р. Рахимов // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2018. – С. 200–202.
46. Соломко, О. Б. Оптимизация густоты и схемы размещения растений по площади питания для формирования высокопродуктивных посевов ярового рапса: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / О. Б. Соломко. – Горки: БГСХА. – 2012. – 24 с.
47. Цыганов, А. Р. Влияние различной густоты и схемы посева на площадь листьев и чистую продуктивность фотосинтеза ярового рапса / А. Р. Цыганов, О. С. Ключкова, О. Б. Соломко // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2012. – № 1. – С. 58–62.
48. Пропашные сеялки Yield-Pro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.greatplainsint.com/ru/implements/russia/yield-pro-planters>. – Дата доступа: 18.01.2023.
49. Сеялки точного высева и посевное оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.deere.ru/ru/сеялки-точного-высева/>. – Дата доступа: 18.01.2023.
50. KINZE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kinze.com/>. – Дата доступа: 18.01.2023.
51. ООО «ТЕХНИКА СЕРВИС АГРО» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tese.ru/products/tsm8000a/index.html>. – Дата доступа: 18.01.2023.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА РЖИ, ТРИТИКАЛЕ И ПШЕНИЦЫ В ВИХРЕВОМ РОТОРНОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ

В. А. ШАРШУНОВ, А. В. ЕВДОКИМОВ

УО «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий»,  
г. Могилев, Республика Беларусь, 212027, e-mail: mgur@mogilev.by

(Поступила в редакцию 13.03.2023)

Одним из перспективных продуктов для получения натуральных пищевых добавок может стать пророщенное зерно различных злаковых культур. [1, 2]. Пророщенное зерно – полезный легкоусвояемый продукт, содержащий в своем составе весьма широкий набор полезных веществ, витаминов (С, А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, Е), минеральных веществ (К, Са, Mg, Р, Fe и др.), микроэлементов, а также пищевые волокна и оказывает специфическое высокоэффективное оздоравливающее воздействие на организм человека и животных [3, 4].

В процессе промышленной переработки растительного сырья происходит значительная потеря содержащихся в нем биологически ценных веществ, что снижает эффект от использования пищевых добавок. Поэтому значительное внимание уделяется разработке новых методов и оборудования для промышленного производства натуральных высококачественных пищевых порошков из растительного сырья. Важнейшим условием переработки является получение продукта, в котором все полезные вещества находятся в естественных и сбалансированных количествах и сочетаниях [5, 6]. К перспективным направлениям совершенствования технологического процесса относят совмещение в одном рабочем пространстве тепловых, массообменных и механических процессов, что обеспечивает минимальное время нахождения сырья в зоне переработки [7].

**Ключевые слова:** пророщенное зерно, вихревой роторный измельчитель, измельчение, энергозатраты.

*Sprouted grains of various cereal crops can become one of the promising products for obtaining natural food supplements. Sprouted grain is a useful, easily digestible product that contains in its composition a very wide range of useful substances, vitamins (C, A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, E), minerals (K, Ca, Mg, P, Fe, etc.), trace elements, as well as dietary fiber and has a specific highly effective healing effect on humans and animals.*

*In the process of industrial processing of vegetable raw materials, a significant loss of biologically valuable substances contained in it occurs, which reduces the effect of the use of food additives. Therefore, considerable attention is paid to the development of new methods and equipment for the industrial production of natural high-quality food powders from plant materials. The most important condition for processing is to obtain a product in which all useful substances are in natural and balanced amounts and combinations.*

*The promising directions for improving the technological process include the combination of thermal, mass transfer and mechanical processes in one working space, which ensures the minimum time spent by raw materials in the processing zone.*

*The purpose of research at the EE “Belarusian State University of Food and Chemical Technologies” is to develop the design and justification of the parameters of a vortex rotary grinder that implements this method, which will make it possible to obtain food powders with maximum preservation of biologically active substances.*

**Key words:** germinated grain, vortex rotary grinder, grinding, energy consumption.

### Введение

Зерно – живой организм, и его жизнедеятельность напрямую зависит от влажности. Устойчивое хранение зерна возможно только при значениях его влажности, ниже критической, при которой в клетках зерна появляется слабо или совсем не удерживаемая крахмалом и белками влага. Критическое значение влажности для большинства злаков равно 13–15 %. Ее превышение влечет за собой резкое увеличение интенсивности дыхания и других проявлений физиологической активности зерна. В отличие от обычного зерна, пророщенное с влажностью до 45 %, более чувствительно к воздействию повышенных температур в результате чего происходит тепловая денатурация белков, которая влечет за собой снижение хлебопекарных качеств, а при сильном нагреве – полную потерю этих качеств [8, 9].

Пророщенное зерно имеет свои особенности при измельчении. Содержание влаги, состояние и характер взаимодействия ее с частями зерна оказывают существенное влияние на его технологические свойства. Влага проникает в зерновку через всю ее поверхность, хотя и с различной скоростью, однако преобладающее количество влаги проникает в зерновку через зародыш. Поглощенная влага вызывает изменение структуры зерна, и прежде всего эндосперма, появляются внутренние напряжения, увеличивается количество и размеры микротрещин, создаются благоприятные условия для предразрушения зерна. При этом снижаются прочность и твердость зерна, повышается пластичность и уменьшается хрупкость, возрастает сопротивляемость разрушению [10].

Измельчающее устройство для производства тонкодисперсных пищевых порошков из пророщенного зерна должно характеризоваться следующими качествами: высокой интенсивностью измельчения; возможность измельчения высоковлажных материалов; возможность эффективного измельчения материалов с изменяющимися в процессе обработки реологическими характеристиками; измельчение материала должно происходить в основном вследствие его сдвига и среза.

Целью исследований в УО БГУТ является разработка конструкции и обоснование параметров вихревого роторного измельчителя, реализующего этот метод, что позволит получать пищевые порошки с максимальным сохранением биологически активных веществ.

### Основная часть

Выбор способа механического воздействия зависит от физико-механических свойств и размеров измельчаемого продукта [11]. Для мелкого и тонкого измельчения пищевых продуктов, близких по физико-механическим и технологическим свойствам пророщенного зерна злаковых культур, используются устройства, в которых разрушение материала происходит в условиях совмещения чистого среза, удара (стесненного или свободного), сжатия, сдвига. В БГУТ разработаны различные конструкции роторно-вихревых мельниц: с непрерывной проточной классификацией; с газодобросепаратором; с инерционно-гравитационной выгрузкой материала; с боковой продувкой; многокаскадные роторно-вихревые мельницы и т. д. [12].

В УО «БГУТ» разработан и изготовлен вихревой роторный измельчитель (рис.1), в которой влажное термолabile сырье подвергается измельчению в вихревой рабочей камере с последующей досушкой в пневматической трубе [13]. Конструкция установки защищена патентом Республики Беларусь [14].

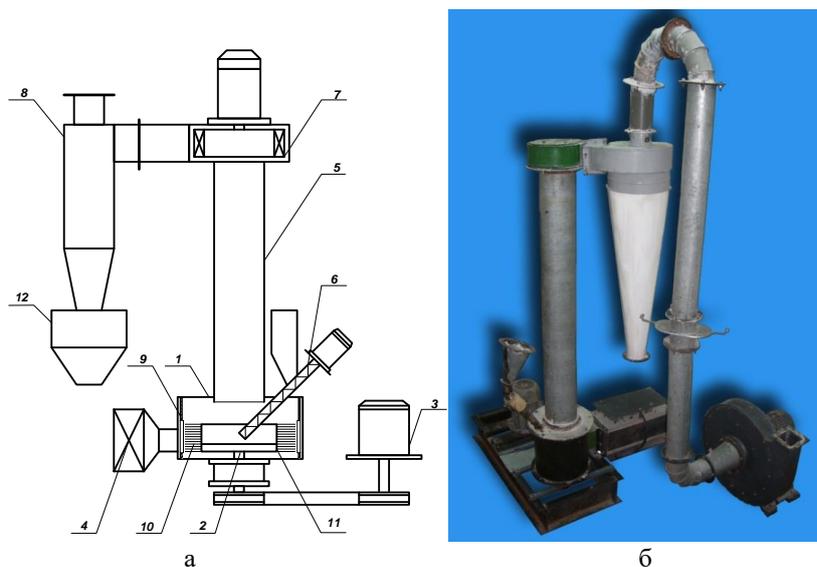


Рис. 1. Вихревой роторный измельчитель для измельчения и досушивания пророщенного зерна ржи, тритикале и пшеницы: а – схема; б – общий вид

Установка (рис. 1, а) содержит вихревую рабочую камеру 1 с установленным в ней роторным измельчителем 2, подключенным к приводу 3, систему подогрева наружного воздуха 4, пневмотрубу 5, питатель 6, вентилятор 7 и систему пылеулавливания высушенного продукта 8. В стенках корпуса вихревой рабочей камеры 1 расположены щелевые каналы 9. Роторный измельчитель 2 выполнен в виде пакета ножей 10, установленных шарнирно в устройстве 11 для изменения угла наклона ножей 10. На рис. 2 приведена принципиальная схема вихревого роторного измельчителя.

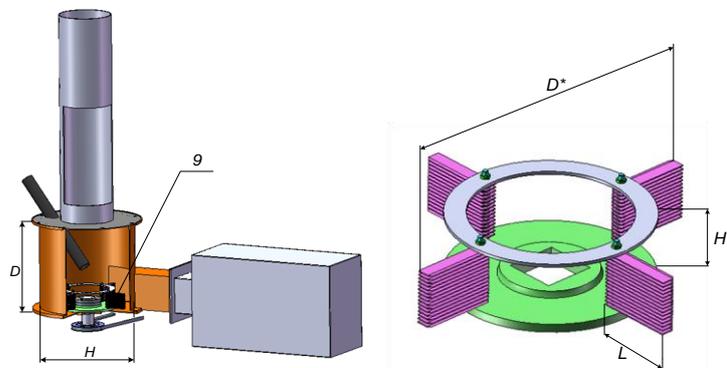


Рис. 2. Схема роторного измельчителя

Питатель 6 устанавливается выходным концом по оси вращения роторного измельчителя 2, что обеспечивает подачу исходного материала в область максимального разрежения и позволяет равно-

мерно распределять его по периметру роторного измельчителя 2 и сразу смешивать материал с подсушенной измельченной фракцией. Пневмотруба 5, подключенная к вихревой рабочей камере 1, заглублена внутрь вихревой камеры 1 с образованием пережимного порога. Вынос материала из камеры осуществляется газовым потоком сушильного агента по воздуховодам 5 через систему пылеулавливания готового продукта 8. Готовый продукт собирается в бункере 12.

Установка работает следующим образом. Наружный воздух, проходя через систему подогрева 4, нагревается до требуемой температуры и поступает в вихревую рабочую камеру 1. Одновременно в вихревую рабочую камеру 1 подается продукт питателем 6. Частицы влажного материала опудриваются частично подсушенным продуктом, теряют свою липкость и попадают на роторный измельчитель 2, где измельчается ножами 10. Образовавшаяся газовзвесь находится в закрученном состоянии и удерживается в виде стационарного кольца, вращающегося у боковой стенки вокруг оси рабочей камеры 1. По мере подсыхания частицы материала выносятся из вихревой рабочей камеры 1 в пневмотрубу 5, где происходит окончательное досушивание материала. Поток газовзвеси попадает непосредственно на вход системы пылеулавливания высушенного продукта 8. Отработанный воздух выбрасывается в атмосферу. Готовый продукт собирается под системой пылеулавливания высушенного продукта в бункере 12. Разрежение в установке создается вентилятором 7.

Увеличение времени пребывания материала в вихревой сушильной камере 1 достигается тем, что воздухопровод 5 заглубляется внутрь вихревой рабочей камеры 1 с образованием пережимного порога. Это препятствует стоку частиц из рабочей камеры 1 по верхней торцевой стенке.

Для проведения экспериментальных исследований в МГУП (сейчас БГУТ) был спроектирован и изготовлен лабораторный стенд, позволяющий изучать процесс механотермической обработки пророщенного зерна и семян [15]. Схема лабораторного стенда представлена на рис. 3.

Разработанный экспериментальный стенд позволял регулировать следующие параметры установки:

- режимно-технологические: температуру подаваемого воздуха; производительность установки; частоту вращения роторного измельчителя; объемный расход воздуха;
- конструктивные: диаметр роторного измельчителя; высоту роторного измельчителя; диаметр выходного отверстия камеры; углы заточки ножей роторного измельчителя.

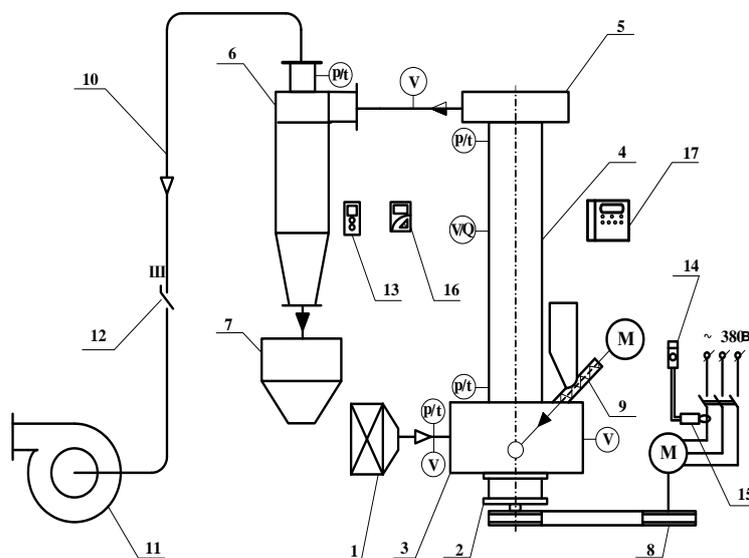


Рис. 3. Схема лабораторного стенда для проведения экспериментальных исследований процесса измельчения пророщенных зерна и семян: 1 – калорифер; 2 – ротор; 3 – рабочая камера мельницы; 4 – пневмотруба; 5 – раскручивающая улитка; 6 – циклон; 7 – приемный бункер; 8 – шкив; 9 – пружинный питатель; 10 система воздухопроводов; 11 – вентилятор; 12 – шиберная заслонка; 13 – анемометр testo – 435; 14 - цифровой мультиметр APPA-109N; 15 – измерительные клещи; 16 – логгер testo 177 – T4; 17 – инвертор (LS600-4003 N)

Обработка экспериментальных данных проводилась в соответствии с требованиями стандартных методик [16, 17, 18], с помощью которых определялись достоверность, точность и другие показатели.

Важнейшим параметром оценки эффективности работы измельчителей является определение потребляемой мощности привода:

$$N_{\text{привода}} = N_{\text{хол.хода}} + N_{\text{пр.изм.}}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{привода}}$  – потребляемая мощность привода измельчителя, кВт;  $N_{\text{хол.хода}}$  – мощность холостого хода привода, кВт;  $N_{\text{пр.изм.}}$  – мощность, затрачиваемая на процесс измельчения, кВт.

Измерение и регистрацию энергозатрат проводили с использованием цифрового мультиметра, обладающего функцией цифрового регистратора APPA – 109N (рис. 4). Мультиметр подключали в цепь питания экспериментальной установки, при помощи которого непосредственно регистрировали показания фазного тока в сети трехфазной системы. С его помощью фиксировалось потребление электроэнергии установкой, а также определялись оптимальных режимов работы измельчителя в зависимости от потребляемой мощности и возникающей силы тока в электрической цепи. Точность измерения прибором постоянного и переменного тока в диапазоне от 0 до 40А составляет 0,001А.

Частотный преобразователь (инвертор) LS600-4003 N (рис.5) применялся для регулирования частоты вращения асинхронного двигателя, который посредством ременной передачи передает крутящий момент на ротор ножевой мельницы, а также для изменения частоты вращения электродвигателя шнекового питателя. Регулирование осуществлялось путем изменения частоты питающего напряжения, что позволяет при неизменном числе пар полюсов электродвигателя, изменять угловую скорость магнитного поля статора.



Рис. 4. Общий вид цифрового мультиметра APPA – 109N с токоизмерительными клещами



Рис. 5. Общий вид инвертора LS600-4003 N

Одним из факторов, влияющих на интенсивность процесса измельчения, является окружная скорость движения роторного измельчителя. С повышением окружной скорости роторного измельчителя возрастает производительность установки и степень измельчения материала. В то же время увеличивается скорость движения воздушно-продуктового слоя в камере измельчителя, что приводит к переизмельчению материала, увеличивается расход энергии на измельчение и холостой ход роторного измельчителя.

Таким образом, увеличение окружной скорости не может быть предельным и существуют оптимальные ее значения для различных схем измельчения и вида перерабатываемых материалов (рис. 6). Начальная влажность зерна составляла  $W_n=42\%$ .

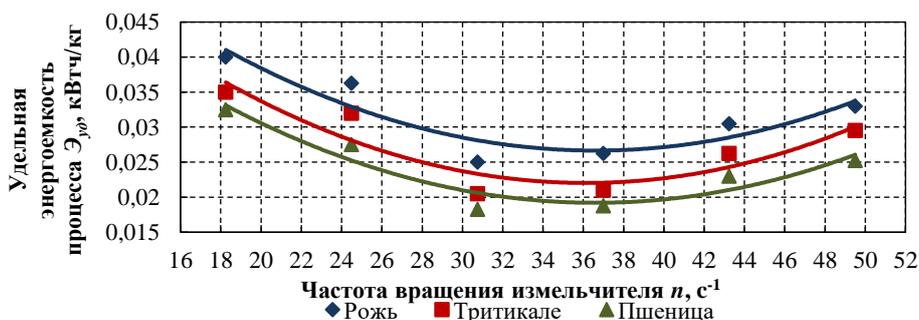


Рис. 6. Влияние частоты вращения роторного измельчителя на энергоёмкость процесса измельчения

Анализ рис. 6 позволяет установить, что с увеличением скорости вращения ротора производительность растет практически по прямолинейному закону, а удельная энергоёмкость для каждого материала сначала снижается и достигает минимального значения при частотах вращения 32–40 с<sup>-1</sup>. При дальнейшем увеличении скорости, удельная энергоёмкость процесса возрастает. Данный вид приведенных графических зависимостей можно объяснить тем, что вначале процесса имеет место ситуация, когда энергия, затрачиваемая на деформацию тела, сочетается в себе вязкий удар и разрушение, а последующее возрастание энергии, после зоны минимальных значений, связано с увеличением момента инерции ротора и как следствие увеличением мощности. Регулирование гранулометрического состава материала можно проводить за счет повышения частоты вращения ротора или увеличения размера помольной камеры и длины ножей. Однако ростом частоты вращения затраты мощности растут в третьей степени, а при увеличении линейных размеров ротора увеличиваются в пятой степени, что необходимо учитывать при определении размеров и режимов работы установки.

На рис. 7 и 8 представлены экспериментальные данные по изменению мощности, требуемой на измельчение в зависимости от количества материала, подаваемого на измельчение и от начальной влажности материала. Данные зависимости получены при следующих фиксированных параметрах:  $n_{\text{ротора}}=30,75 \text{ с}^{-1}$ ;  $t_{\text{воз. в установке}}=90 \text{ }^\circ\text{C}$ .

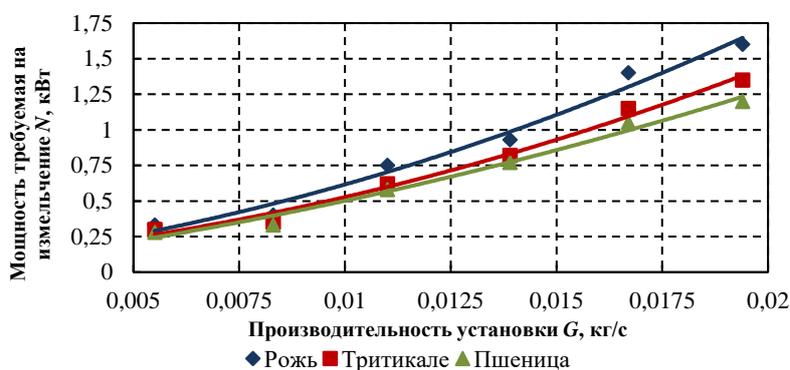


Рис. 7. Изменение мощности, требуемой на измельчение от нагрузки по материалу

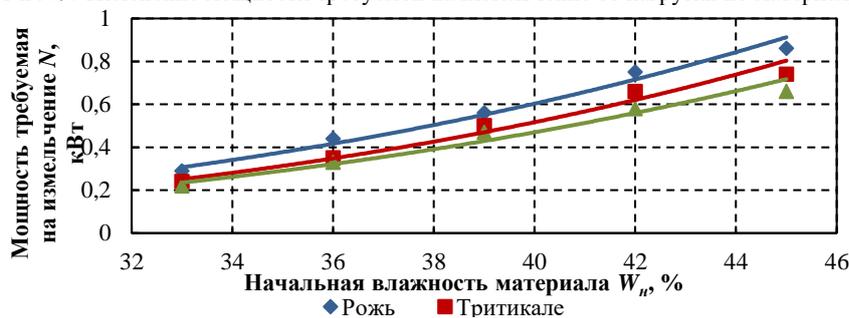


Рис. 8. Изменение мощности, требуемой на измельчение от начальной влажности продукта

### Заключение

Обзор и анализ современных способов измельчения пищевых материалов показал, что выбор механического воздействия напрямую зависит от физико-механических свойств. Исходя из физико-механических свойств продукта в виде пророщенного зерна ржи, тритикале и пшеницы установлено то, что наиболее предпочтительным для переработки вязкопластичных материалов является измельчение, при котором материал подвергается действию сил сдвига и среза в условиях динамического нагружения.

Разработана сушилка-диспергатор, в которой влажное до 45 % сырье в виде пророщенного зерна ржи, тритикале и пшеницы подвергается измельчению в вихревой рабочей камере. Проведены эксперименты по определению энергозатрат на измельчение пророщенного зерна злаковых культур (ржи, тритикале и пшеницы).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Зерновые культуры [Электронный ресурс]. – 2021 – Режим доступа: [https://uiverityagro.ru/растениеводство/зерновые культуры](https://uiverityagro.ru/растениеводство/зерновые_культуры) – Дата обращения 13.01. 2022.
2. Наука, питание и здоровье: сб. науч. тр. В 2 ч. Ч. 1 / под общ. ред. З.В. Ловкис / Науч.-прак. центр Нац. Акад. наук Беларуси по продовольствию. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 346 с.
3. De. L. Healthy food healthy life / L. De, D. Tulipa // J. of Global Biosciences. – 2019. № 8(9). \p. 6453-6468.

4. Clark, M. The Role of Diets in Environmentally Sustainable Food Systems / M/ Clark, J. Macdiarmid, A. Jones, J. Ranganathan, M/ Herrero, J Fanzo // Food and Nutrition Bulletin/ – 2020. – № 41(25). –Р. 531–558.
5. Шаршунов, В. А. Биотехнологические приемы повышения эффективности использования зерновых ресурсов Беларуси / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик, Л. А. Касьянова, П. Г. Иванов, О. В. Агеенко // Известия Национальной академии наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2008. – № 1. – С. 101–106.
6. Шаршунов, В. А. Получение биологически активного зернового продукта на основе смесей пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного / В. А. Шаршунов, Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта, М. Н.Голдова // Известия Национальной академии наук Беларуси. Сер. аграр. наук – 2016. – № 4. – С. 118–125.
7. Шаршунов, В. А. Разработка направлений совершенствования оборудования для получения порошковых пищевых добавок из пророщенного зерна / В. А. Шаршунов, В. А. Шуляк, А. В. Евдокимов // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2009. – №4. – С. 114–119.
8. Шаршунов, В. А. Сушка и хранения зерна / В. А. Шаршунов, Л. В. Рукшан. – Минск: Мисанта, 2010. – 588 с.
9. Евдокимов, А. В. Влияние режимных и технологических параметров работы сушилки-диспергатора на процесс термомеханической обработки пророщенного зерна /А. В. Евдокимов // Актуальные проблемы и современные технологии производства продуктов питания: сб. труд. Междунар. науч.-практ. конф., Кутаиси 12-13 июня / Гос. ун-т Акакия Церетели; редкол.: М. Силагадзе [и др.]. – Грузия, Кутаиси, 2014. – С.350–353.
10. Шаршунов, В. А. Влияние скорости деформирования и ударного действия нагрузки на структурно – механические характеристики пророщенного зерна / В. А. Шаршунов, Н. Н. Курилович, В. А. Шуляк, А. В. Евдокимов // научная конференция с международно участие: Хранительна наука, техника и технологии 2010: / научни трудове Ун-т по хранит. технологии; редкол.: Г. Вълчев [и др.] – Болгария, Пловдив, 15–16 окт. 2010. – том LVII, Свитък 2 – С. 401 – 407.
11. Борщев, В. Я. Оборудование, для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учеб. пособие / В. Я. Борщев. – Тамбов: ТГТУ, 2004. – 75 с.
12. Левданский, А. Э. Высокоэффективные проточные процессы и аппараты / А. Э Левданский, Э. И. Левданский. – Минск: БГТУ, 2001. – 235 с.
13. Шаршунов, В. А. Выбор конструктивно–технологической схемы и обоснование параметров сушилки-диспергатора для производства порошковых пищевых добавок из пророщенного зерна / В. А. Шаршунов, А. В. Евдокимов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сборник научных трудов. Вып. 1 / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Главное управление образования, науки и кадров, Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» ; ред.: В. Р. Петровец [и др.] ; рец.: В. А. Успенский, В. И. Ильин, Гайдуков В. А. – Горки ; БГСХА, 2014. – С. 31–41.
14. Патент на изобретение РБ № 12161 «Сушилка-диспергатор». Заявка №20070942 от 23.07.2007 г. Положительное решение от 26.03.2009 г. Зарегистрирован 21.04.2009 г. Авторы: Шуляк В. А., Евдокимов А. В., Смузенко А. Г.
15. Шаршунов, В. А. Исследование динамики движения элементов роторного измельчителя в сушилке-диспергаторе / В. А. Шаршунов, А. В. Евдокимов, А. Е. Покатилов, В. Н. Попов // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия – 2014. – № 2. – С. 97–104.
16. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
17. Тюрин, Ю. Н. Статистический анализ данных на компьютере / Ю. Н. Тюрин, А. А. Макаров; под ред. В. Э. Фигурнова – М.: ИНФРА-М, 1998. – 528 с.
18. Боровиков, В. П. STATISTICA. Статистический анализ и обработка данных в сфере Windows / В. П. Боровиков. И. П. Боровиков. – Москва: Информационно-издательский дом «Филинь», 2004. – 608 с.

## К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПОСОБОВ И МАШИН ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В. С. АСТАХОВ, Г. О. ИВАНЧИКОВ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 231407

(Поступила в редакцию 22.03.2023)

Для получения хорошего урожая в условиях сельскохозяйственных организаций необходимо не только правильно обрабатывать почву, но и внести в нее нужное для развития растений количество питательных веществ. Удобрения позволяют не только увеличить производительность, но и повысить качество самой продукции, а также сделать культуры более устойчивыми к негативным воздействиям окружающей среды. На сегодняшний день существует два вида удобрений: органические и минеральные. Также большое значение имеет создание, совершенствование и применение современных систем внесения удобрений, в частности систем для дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений, которые значительно повысят урожайность и сократят расходы.

Дифференцированное внесение минеральных удобрений в настоящее время является ключевым элементом в системе точного земледелия. Точное земледелие – это управление продуктивностью сельскохозяйственных культур с учетом внутрипольной вариативности среды обитания растений и обеспечение оптимальных условий для каждого квадратного метра поля. Цель дифференцированного внесения – выровнять плодородие почв, создать максимально одинаковые условия для произрастания тех или иных сельскохозяйственных культур, что даст большой и разнообразный эффект, прежде всего – получение максимальной прибыли, и осуществить воспроизводство почвенного плодородия. Кроме того, это способствовало бы существенному увеличению производительности комбайнов, так как появилась бы возможность осуществить более высокий срез стеблей зерновых культур, что уменьшило бы объем массы, поступающей в молотилку, снизило расход топлива. При этом сократились бы сроки уборки зерновых культур, что очень важно для Беларуси.

Практическим путем было установлено, что точное внесение минеральных удобрений путем применения машин, используемых в настоящее время не является таким эффективным, как оно обосновано в теории. Ко всему прочему такие элементы систем точного земледелия, как составление электронных карт, спутниковое зондирование почвы и химический анализ почвы на содержание в нем питательных элементов являются материально затратными и остаются довольно сложными процедурами в плане технической реализации для большинства предприятий. Это подталкивает нас к рассмотрению иного подхода по качественному, а главное, действительно точному внесению гранулированных минеральных удобрений дифференцированным методом в рамках современных систем точного земледелия.

На данный момент известны агрегаты для дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений. Точность данных машин объясняется изготовителями использованием передовых технологий в области точного земледелия. К таким технологиям относится: спутниковое зондирование почвы, составление электронных карт полей, активное внедрение навигационных систем. Однако на практике данные системы не способны обеспечить должную равномерность внесения твердых минеральных удобрений и являются лишь модернизированными версиями своих «предков». Поэтому возникает необходимость освещения основных недостатков систем внесения твердых минеральных удобрений, которые в данный момент рекомендуются практически повсеместно.

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, точное земледелие, сельское хозяйство, дифференцированное внесение удобрений, центробежные разбрасыватели.

To obtain a good harvest in the conditions of agricultural organizations, it is necessary not only to properly cultivate the soil, but also to add the amount of nutrients necessary for the development of plants. Fertilizers can not only increase productivity, but also improve the quality of the products themselves, as well as make crops more resistant to negative environmental influences. Today, there are two types of fertilizers: organic and mineral. Also of great importance is the creation, improvement and application of modern fertilizer application systems, in particular systems for the differentiated application of solid mineral fertilizers, which will significantly increase yields and reduce costs.

Differentiated application of mineral fertilizers is currently a key element in the precision farming system. Precision farming is the management of crop productivity, taking into account the intra-field variability of the plant habitat and ensuring optimal conditions for each square meter of the field. The purpose of differentiated application is to equalize soil fertility, create the most identical conditions for the growth of certain crops, which will give a large and varied effect, primarily to maximize profits, and to reproduce soil fertility. In addition, this would contribute to a significant increase in the productivity of combines, since it would be possible to carry out a higher cut of the stalks of grain crops, which would reduce the amount of mass entering the thresher and reduce fuel consumption. At the same time, the time for harvesting grain crops would be reduced, which is very important for Belarus.

In practice, it has been found that the exact application of mineral fertilizers using the machines currently used is not as effective as it is justified in theory. In addition, such elements of precision farming systems as compiling electronic maps, satellite sounding of the soil and chemical analysis of the soil for the content of nutrients in it are financially costly and remain rather complicated procedures in terms of technical implementation for most enterprises. This pushes us to consider a different approach to high-quality, and most importantly, really accurate application of granular mineral fertilizers by a differentiated method within the framework of modern precision farming systems.

At the moment, units for the differentiated application of solid mineral fertilizers are known. The accuracy of these machines is explained by the manufacturers using advanced technologies in the field of precision farming. These technologies include: satellite sounding of the soil, the compilation of electronic maps of fields, the active introduction of navigation systems. However, in practice,

these systems are not able to ensure the proper uniformity of the application of solid mineral fertilizers and are only modernized versions of their "ancestors". Therefore, there is a need to highlight the main shortcomings of solid mineral fertilizer application systems, which are currently recommended almost everywhere.

**Key words:** mineral fertilizers, precision farming, agriculture, differentiated fertilization, centrifugal spreaders.

## Введение

Современное сельское хозяйство работает по тем же принципам, что и любой бизнес - постоянное стремление снижать себестоимость единицы продукции и повышать производительность в расчете на единицу затраченных ресурсов. Точное земледелие – это система управления продуктивностью посевов, основанная на использовании комплекса спутниковых и компьютерных технологий. Вместо того, чтобы пахать, сеять, вносить удобрения «на глаз», как это делалось на протяжении всей предыдущей истории сельского хозяйства, сегодня фермеры могут точно рассчитать количество семян, удобрений и других ресурсов для каждого участка поля с точностью до метра. Однако применение систем точного земледелия в рамках дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений на данный момент является довольно материально затратной процедурой. Поэтому стоит пересмотреть подход к способам внесения минеральных удобрений и использовать концептуально новые методы для более качественного и менее затратного проведения такого рода сельскохозяйственных операций.

Цель статьи – описание машины для дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений с высоким качеством, которая способна обеспечить не только точное, но и прецизионное внесение твёрдых удобрений.

## Основная часть

При решении задач оптимизации параметров дифференцированного внесения удобрений (доза внесения, количество участков, на которое разбирается поле, качество распределения питательных элементов) особое внимание должно быть уделено выбору и обоснованию допущений и ограничений.

Одной из основных задач, которую приходится решать при дифференцированном воздействии на поле, является определение степени его квантования (величина учетной площадки поля). Для оценки эффективности дифференцированного применения удобрений необходимо всесторонне изучить все положительные стороны этого способа в стоимостном выражении, а также все издержки, связанные с усложнением технологического процесса и технических средств. Эффективность дифференцированного применения удобрений в первую очередь зависит от уровня дифференциации внесения, т.е. от величины участков, на которых разбивается поле как при диагностике поля, так и при внесении удобрений (рис. 1).

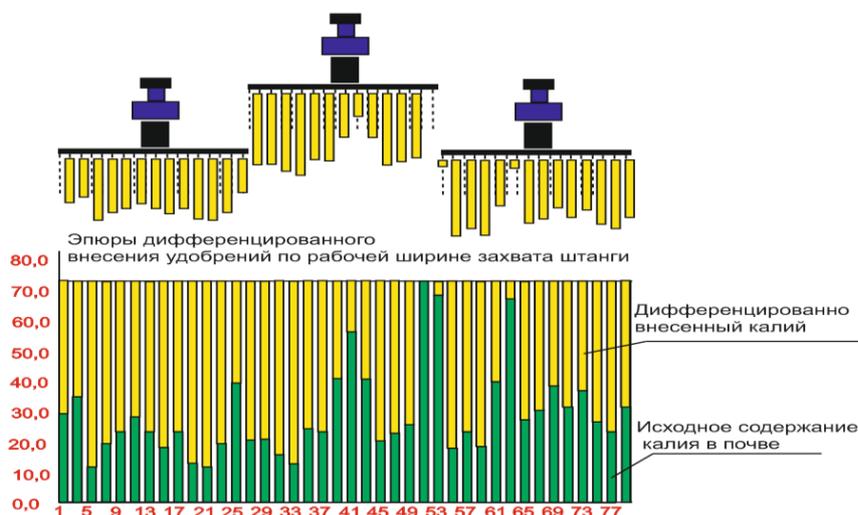


Рис. 1. Схема выровненного содержания калия в почве

Чем меньше участки, на которые вносятся удобрения с заданной дозой, тем выше затраты на диагностику поля и технические средства для выполнения технологического процесса [1]. Затраты на дифференцированное внесение удобрений принято считать также постоянными и не зависящими от количества управляющих сигналов на дозирующее устройство. Такое допущение обосновано тем, что конструкция полевой машины-удобрителя для дифференцированного внесения удобрений имеет оборудование, обеспечивающее выполнение технологического процесса на всем диапазоне рационального изменения доз. При планировании сельскохозяйственных работ в соответствии с новой концепцией важное значение имеет информация о пространственном распределении радиационной

температуры ландшафта, которая служит обобщенной характеристикой состояния биогеоценозов и агроэкосистем. Рельеф является одним из основных компонентов ландшафта и предопределяет миграцию и аккумуляцию минеральных и органических веществ, увлажнение и освещенность участков поля, интенсивность процессов эрозии и характеристики почвенного и растительного покрова.

Вместе с тем в УО БГСХА проводится поиск альтернативных направлений, технических решений для осуществления дифференцированного внесения удобрений. Одним из таких направлений является разработка автоматизированной удобрительной машины, которая бы осуществляла непосредственный экспресс-анализ наличия элемента(ов) питания в почве по пути своего следования и, соответственно регулировало бы дозу внесения того или иного вида удобрений.

Такой подход к решению проблемы дифференцированного внесения удобрений может быть вполне осуществим в условиях Республики Беларусь. Функциональная и структурная схемы такой машины уже разработаны [2].

Наиболее трудной технической задачей в этом деле являются экспресс-датчики, определяющие наличие доступных элементов питания в почве. Хотя обзор и анализ существующих способов экспресс-определения различных элементов питания и приборов, предназначенных для этих целей, позволяет сделать вывод о реальности разработки экспресс-датчиков применительно к мобильной полевой машине. Более того, по заявлению ведущих ученых-физиков из НИИ прикладных физических проблем им. Савченко, эта задача вполне разрешима.

Оценочным параметром системы является количество вносимых элементов питания на соответствующую координатную учетную площадку, в реальном масштабе времени, которые в сочетании с элементами питания, имеющимися в почве, составляют необходимую дозу для получения запрограммированной урожайности на всем обрабатываемом поле [3]. Высокого качества работы машины-удобрителя с автоматизированным дозированием можно достичь только при внесении удобрений с хорошим гранулированным составом. Машины-удобрители с автоматизированным дозированием должны устойчиво работать при внесении удобрений в пределах 80–500 кг/га.

Стоит развернуто отметить роль ранее упомянутых датчиков в системе дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений на примере машин и агрегатов способных работать в online режиме.

Режим реального времени (on-line) предполагает предварительно определить агротребования на выполнение операции, а доза удобрений определяется непосредственно во время выполнения операции. Агротребования в данном случае – это количественная зависимость дозы удобрения от показаний датчика, установленного на сельскохозяйственной технике, выполняющей операцию. Результаты выполнения операции (дозы и координаты, обработанная площадь, время выполнения и фамилия исполнителя) записываются на чип-карту. В настоящее время известен оптический азотный сенсор Hydro-N-Sensor. Hydro-N-Sensor – оптический прибор, позволяющий оптимизировать внесение минеральных удобрений при азотных подкормках растений. N-сенсор устанавливается на крыше трактора и имеет четыре оптических датчика по углам, обеспечивая обзор с четырех сторон. Эти датчики улавливают отраженный свет от листовой поверхности в красном и инфракрасном диапазоне света. Данные анализируются каждую секунду, и по ним определяется содержание хлорофилла в листьях и биомасса (рис. 2).

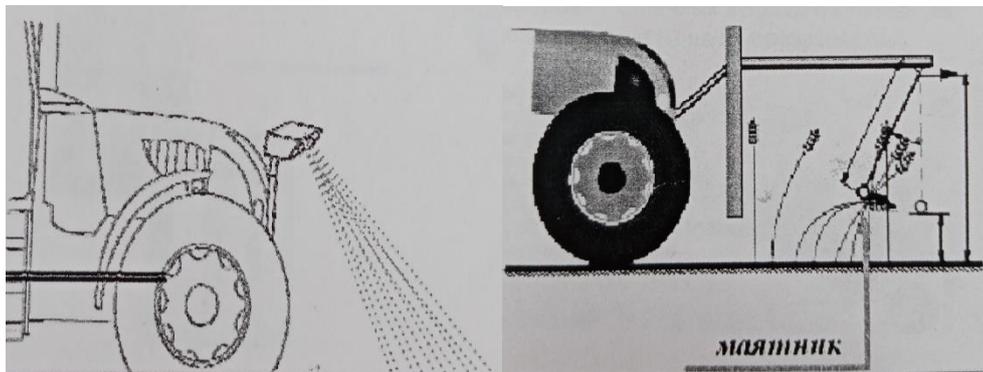


Рис. 2. Камера сканирования «Cam-Pilot» (слева), Механическая система «Crop-Meter» (справа)

Пятый датчик направлен вверх, в небо. Он измеряет интенсивность света, позволяя системе корректировать данные в соответствии с различными условиями освещенности, что дает возможность проводить работу и в пасмурную погоду. Информация от датчиков передается на бортовой компьютер Hydro, который соединен кабелем с бортовым компьютером Amatron 2A, который, в свою очередь, управляет дозирующей системой распределителя минеральных удобрений или опрыскивателя Amazone [4].

Важным и определяющим элементом в работе N-сенсора являются калибровочные таблицы. Они используются для калибровки N-сенсора на поле. N-тестер, также как и N-сенсор позволяет определять содержание хлорофилла в листе растения. Калибровочные таблицы специально разработаны и опытным путем проверены для каждой культуры и для каждого сорта. Они приводят в соответствие показания N-тестера, культуру и сорт растения, фенологическую фазу растения и дозу азота в действующем веществе, необходимую для растения. Разработка калибровочных таблиц для каждого сорта и для каждой фенофазы ведется при помощи портативного прибора N-тестера. Показания прибора записываются и растения доставляются в лабораторию. Затем в лаборатории определяется необходимая доза азота для каждого растения. Результат лабораторного анализа ставятся в соответствии с показаниями N-тестера. Таким образом получается калибровочная таблица. При осуществлении азотной подкормки с помощью N-сенсора необходимо убедиться в достаточности биомассы для работы. Для этого включается N-сенсор и бортовой компьютер Hydro. Если биомассы недостаточно (растения слишком маленькие), то работать нельзя. По калибровочной таблице определяется и доза азота. После определения дозы азота переходим в режим «калибровка» и вводим полученную дозу, затем проходим контрольный участок. Таким образом бортовой компьютер ставит в соответствие дозу, которую необходимо ввести на контрольном участке и показатели, полученные с датчиков N-сенсора на этом участке при погоде на данный момент. Такую калибровку нужно проводить каждый раз выезжая на поле или при резкой смене погоды. Перед работой необходимо ввести в компьютер Hydro процентное содержание азота в удобрении, с которым предстоит работать. Компьютер пересчитает дозу в действующем веществе на туки и будет посылать корректирующий сигнал на контроллер.

Данная технология позволяет производить азотные подкормки экономя удобрения и помогает избежать передозировок, что позволяет уменьшить стоимость операции и повысить экологическую безопасность. Но главной, на наш взгляд, проблемой является повсеместное продолжение использования центробежных разбрасывателей в качестве основного способа для дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений. Данные разбрасыватели составляют долю свыше 80% во всем мире как основной способ внесения минеральных удобрений, но в тоже время имеют и достаточно серьезные вопросы как по качеству внесения, что подразумевает высокую неравномерность, так и по загрязнению окружающей среды за счет внесения больших доз минеральных удобрений в почву [5]. Кроме этого, в соответствии с законом минимума (лимитирующего фактора) причинами «нездорового» цвета растений в том или ином месте поля, помимо недостатка азотного питания, могут быть: недостаток калия или фосфора, низкое содержание гумуса или повышенная кислотность почвы (что снижает эффективность минеральных удобрений), отсутствие влаги или переувлажненная почва, очаговое повреждение растений вредителями или болезнью и т. д. Но машина всё равно будет вносить на такие участки азотные удобрения, несмотря на их достаточность исходя из почвенной диагностики. Следовательно, такой способ ухода за растениями не может считаться перспективным и эффективным с точки зрения экономии ресурсов и точности выполнения самой этой операции, требующей вносить азотные удобрения в подкормку с равномерностью менее 10 %. Поэтому применение вышеописанной сложной технологии с использованием центробежных разбрасывателей не может быть рекомендовано для внесения азотных удобрений при уходе за растениями.

На данный момент известны также агрегаты для дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений. Точность данных машин объясняется изготовителями использованием передовых технологий в области точного земледелия. К таким технологиям относится: спутниковое зондирование почвы, составление электронных карт полей, активное внедрение навигационных систем. Однако на практике данные системы не способны обеспечить должную равномерность внесения минеральных удобрений и являются лишь модернизированными версиями своих «предков». На рис. 3 представлены иллюстрации современных машин для внесения твердых минеральных удобрений дифференцированным способом.



Рис. 3. Разбрасыватели минеральных удобрений фирмы KUHN

Конкретно в данном разбрасывателе изменение нормы внесения удобрений происходит за счет двух регулировочных заслонок на всю ширину разбрасывания по предварительно составленным электронным картам полей. Даже при идеальном поперечном равномерном распределении удобрений на всю ширину захвата агрегата, он не способен выровнять пестроту содержания доступных растению питательных веществ в почве, которая изменяется каждые 1–3 метра в поперечном и продольном направлениях. Следовательно, эффективность дифференцированного внесения удобрений в данном случае будет очень низкой. Кроме этого, данный агрегат предусматривает большое количество регулировок, что затрагивает роль человеческого фактора в процессе настройки данных разбрасывателей. Чтобы правильно вносить удобрение, его нужно идентифицировать, поскольку для удобрений неизвестного происхождения, которые не указаны в таблицах внесения, существует руководство по идентификации, в котором всевозможные удобрения классифицированы по категориям, что помогает распознать препарат и определить оптимальные настройки. Чтобы быть уверенным в настройках и точности разбрасывания, что особенно важно для удобрений низкого качества, или неизвестного происхождения необходимо обязательно проводить калибровку для контроля поперечного разбрасывателя. Исходя из перечисленных выше недостатков «непревзойденная точность разбрасывания», представляемая авторами этого разбрасывателя является довольно сомнительной и требует большого количества кропотливой и отнимающей время работы на настройку, регулировку и калибровку данного агрегата не способного качественно выполнить операцию дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений.

### **Заключение**

Исходя из вышеизложенных фактов, можно сделать вывод, что дифференцированное внесение твердых минеральных удобрений путем применения центробежных разбрасывателей является устаревшей и исчерпавшей практически все возможности по ее улучшению технологией, эксплуатация которой в свою очередь продолжается во всем мире в виду отсутствия достойных способов и машин, которые бы были разработаны и внедрены в массовое производство и повсеместное использование на сельскохозяйственных предприятиях. Предложенная нами машина для дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений с высоким качеством способна обеспечить не только точное, а прецизионное внесение твердых удобрений, что может стать мировым трендом в данной области [6, 7]. Поэтому следует применить максимум усилий для реализации этой идеи. Совершенствование этой технологии позволит значительно повысить эффективность внесения минеральных удобрений и сократить дозы вносимых удобрений и загрязнение окружающей среды.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Павловский, В. Точное земледелие – умная технология XXI века / В. Павловский, А. Мучинский, Г. Добыш // Белорусское сельское хозяйство. – 2011. – № 4. – С. 27–31.
2. Астахов, В. С. Возможный качественный прорыв при дифференцированном внесении гранулированных минеральных удобрений / В. С. Астахов // Вестн. Белорус. гос. с-х. акад. – 2019. – №1. – С. 158–161.
3. Степук, Л. Я. Технично-экономические аспекты дифференцированного внесения удобрений в системе точного земледелия / Л. Я. Степук [и др.] // Вестник БГСХА. – 2012. – №3. – С. 110–116.
4. Астахов, В. С. К вопросу значимости минеральных удобрений в управлении производственным процессом и повышение их эффективности при использовании различных машин и способов внесения / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Вестник БГСХА – Горки: 2022 – №2 – С. 192–194.
5. Астахов, В. С., Точное земледелие как элемент ресурсосбережения и экологической безопасности / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых «Молодежь и инновации – 2022», Горки, 25–27 мая 2022 г., С. 87–91.
6. Астахов, В. С. Результаты испытаний пневматической централизованной высевальной системы при внесении минеральных удобрений / В. С. Астахов // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 1997. – №1. – С. 67–72.
7. Астахов, В. С. О разработке машины для дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений с высоким качеством / В. С. Астахов, С. В. Курзенков, Г. О. Иванчиков // Вестник БГСХА – Горки: 2023 – №1 – С. 143–146.

## ВЛИЯНИЕ ЖЁСТКОСТИ РЕЗИНЫ НА ВИБРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОПОР КАБИНЫ ТРАКТОРА

**А. Ф. БЕЗРУЧКО, В. Г. КОСТЕНИЧ, И. И. БОНДАРЕНКО**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь, 220023, e-mail: irina-mi-k@yandex.ru*

**В. А. БЕЛОУСОВ**

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: ktrauto@tut.by*

(Поступила в редакцию 31.03.2023)

Общеизвестны свойства вибрации, как физического фактора, оказывающего негативное влияние на здоровье человека и надёжность машин. Вибрация является также источником структурного шума, снижающего потребительские качества машин. Проблемы вибрации существуют во всех отраслях машиностроения. Известные способы борьбы с ней – снижение уровней вибрации источника (балансировка, уравновешивание, уменьшение возбуждающих сил) и виброизоляция объектов, подвергающихся её вредному воздействию. Практическое решение задачи заключается в оптимальном использовании обоих методов для получения максимального эффекта с минимальными затратами.

В данной работе выполнен анализ эффективности наиболее распространённых виброизолирующих устройств – резино-металлических опор, при изменении твёрдости применяемой в них резины. Резина – наиболее распространённый материал виброизоляторов, применяемых в конструкциях мобильных машин, поскольку имеет ряд преимуществ, которыми не обладают другие виброгасители: способность воспринимать разнонаправленные нагрузки, долговечность, простота, низкая стоимость. Резинометаллические опоры применяют как опоры кабин, двигателей, карданных валов и других агрегатов.

В статье исследована возможность улучшения виброизоляции кабины трактора за счёт изменения жёсткости её резино-металлических опор. Представлен спектральный анализ виброизолирующих свойств этих опор. Полученные результаты исследований показывают, что изменение жёсткости резинометаллических опор даёт различный эффект в низкочастотной и высокочастотной частях спектра. Жёсткая опора эффективна для гашения низкочастотных колебаний, но ухудшает свойства опоры при гашении высокочастотных колебаний. Мягкая опора наоборот – эффективнее на высоких частотах и снижает эффективность опоры на низких частотах.

Приведены математические зависимости для приближённого расчёта опор низкочастотного и высокочастотного спектра вибрации, позволяющие оптимизировать работы по разработке новых и модернизации применяемых конструкций резинометаллических опор.

**Ключевые слова:** вибрация, резинометаллическая опора, виброизоляция, трактор, кабина, спектр частоты.

*The properties of vibration as a physical factor that has a negative impact on human health and the reliability of machines are well known. Vibration is also a source of structural noise, which reduces the consumer qualities of machines. Vibration problems exist in all branches of engineering. Known ways to combat it are to reduce the levels of vibration (balancing, equalizing, reducing exciting forces) and vibration isolation of objects exposed to its harmful effects. The practical solution of the problem lies in the optimal use of both methods to obtain the maximum effect with minimal costs.*

*In this paper, an analysis of the effectiveness of the most common vibration isolating devices – rubber-metal bearings – is carried out with a change in the hardness of the rubber used in them. Rubber is the most common material for vibration isolators used in the construction of mobile machines, since it has a number of advantages that other vibration dampers do not have: the ability to perceive multidirectional loads, durability, simplicity, and low cost. Rubber-metal supports are used as supports for cabs, engines, cardan shafts and other units.*

*The article explores the possibility of improving the vibration isolation of the tractor cab by changing the rigidity of its rubber-metal supports. A spectral analysis of the vibration isolation properties of these supports is presented. The obtained research results show that changing the rigidity of rubber-metal bearings has a different effect in the low-frequency and high-frequency parts of the spectrum. A rigid support is effective for damping low-frequency vibrations, but worsens the properties of the support when damping high-frequency vibrations. Soft support, on the contrary, is more effective at high frequencies and reduces the effectiveness of support at low frequencies.*

*Mathematical dependences are given for the approximate calculation of supports of the low-frequency and high-frequency vibration spectrum, which make it possible to optimize the work on the development of new and modernization of the used structures of rubber-metal supports.*

**Key words:** vibration, rubber-metal support, vibration isolation, tractor, cab, frequency spectrum.

### **Введение**

Общеизвестны свойства вибрации, как физического фактора, оказывающего негативное влияние на здоровье человека [1] и надёжность машин. Также общеизвестно, что основными её источниками на мобильных машинах являются силовые агрегаты и ходовая часть. Вибрация является также источником структурного шума, снижающего потребительские качества машин. Проблемы вибрации существуют во всех отраслях машиностроения. Общеизвестные способы борьбы с ней – это снижение

уровней вибрации источника (т. е. балансировка, уравнивание, уменьшение возбуждающих сил) и виброизоляция объектов, подвергающихся её вредному воздействию. Практическое решение задачи заключается в оптимальном использовании обоих методов для получения максимального эффекта с минимальными затратами. В данной работе не производился анализ методик снижения вибрации источника, произведен только анализ эффективности наиболее распространенных виброизолирующих устройств – резинометаллических опор, при изменении твёрдости применяемой в них резины. Резина наиболее распространенный материал виброизоляторов, применяемых в конструкциях мобильных машин, поскольку имеет ряд преимуществ, которыми не обладают другие виброгасители: способность воспринимать разнонаправленные нагрузки, долговечность, простота, низкая стоимость. Резинометаллические опоры применяют как опоры кабин, двигателей, карданных валов и т.д.

В данной статье использованы теоретические разработки, взятые из работ М. А. Разумовского [2], И. И. Клюкина [3]. В этих работах представлены оценочные характеристики изоляторов, даны математические зависимости для расчёта виброизоляторов в одномерных схемах, авторы анализируют не только конструкции виброизоляторов, но и схемы их установки на машинах. Несмотря на различие областей исследований (судостроение, тракторостроение), предложенные авторами оценочные параметры и математические зависимости весьма схожи. Теоретические расчёты характеристик виброизоляторов, по мнению самих авторов, применимы на стадии начального проектирования для приблизительного расчета упрощенных моделей. Авторы отмечают, что действительную эффективность виброизоляторов можно определить лишь при экспериментальном исследовании. Представленные авторами [2, 3] математические зависимости не подтверждены в полном объёме результатами экспериментальных исследований, приведенными в данной статье.

В работе Разумовского М.А. приведены некоторые результаты экспериментальных исследований вибрации кабины трактора МТЗ-80. Автор провел исследования выпускаемых серийно в 70-х годах виброизоляторов кабин и дал рекомендации по схемам их расположения, но рассматривал влияние твёрдости резины на свойства виброизолятора только теоретически. В теоретических разработках автора утверждается, что применение резинометаллических виброизоляторов позволяет снижать вибрацию только в зонах спектра, удалённых от резонансной частоты опоры, дана следующая зависимость:

$$VI = 20 \cdot \lg \left| 1 - \left( \frac{f}{f_0} \right)^2 \right|, \quad (1)$$

где VI – виброизоляция, дБ;  $f$  – частоты исследуемого спектра, Гц;  $f_0$  – резонансная частота, Гц.

При выполнении исследований на современных тракторах «Беларус» данный тезис не подтвердился. Следует отметить, что за прошедшее время конструкция трактора существенно модернизирована, некоторые системы и их компоновка изменились принципиально. Изменились конструкция кабины, мощность силовых агрегатов, компоновка, вес узлов и т.д. Как следствие, изменились силы и их векторы, воздействующие на виброизолятор. Сам виброизолятор изготавливают из резины с иными качествами, он получил другие размеры и формы.

В книге Клюкина [3] можно отметить некоторые противоречащие друг другу зависимости. В одном выражении показано, что виброизоляция VI во всем спектре увеличивается с ростом частоты  $f$

$$VI = 20 \cdot \lg \frac{2f}{\pi \sqrt{C/m}}, \quad (2)$$

где  $C$  – твёрдость резиновой прокладки, Па·м;  $m$  – масса демпфируемого объекта, кг.

И в той же главе, в другом выражении утверждается обратное

$$VI = 20 \cdot \lg \frac{1}{E(1 + a \cdot f)}, \quad (3)$$

где  $E$  – статический модуль упругости, Па;  $a$  – некоторое положительное число.

Определённый интерес представляют теоретические исследования демпфирования вибрации резиновыми пластинами китайских ученых [4], но в данной работе авторы ограничились только изучением скорости затухания колебаний в зоне резонансной частоты. Работа [5] посвящена исследованию гистерезисных явлений на резонансной частоте в абсолютно жёстких опорах.

Работы [4, 5] – это фундаментальные теоретические исследования и их применение на практике ограничивается только отдельными явлениями – резонансной частотой и гистерезисом. Разработки, приведенные в источниках [4, 5], применимы только для идеальных моделей и охватывают очень уз-

кую область проблемы виброизоляции.

Анализ последних работ авторов, занимающихся прикладными исследованиями вибрации мобильных машин, показывает, что в основном они исследуют влияние вибрации на шум в кабине, не проводя какого-либо анализа эффективности виброизолирующих устройств [6, 7]. В работе А.В. Васильева [6] рассмотрены связи шума и вибрации в кабине автомобиля, но рассматривается эта связь только под компоновочную схему автомобиля. В статьях [7] приведены экспериментальные и теоретические исследования вибрации в кабине козловых кранов. Результаты, приведенные в указанных статьях [6, 7], применимы только для соответствующих типов машин, их авторы не проводят анализ свойств демпирующих устройств.

В статьях [8] сделана попытка изучить вибрационные характеристики кабины грузового автомобиля с целью повышения комфорта езды. Предложена динамическая модель жёстко-гибкой муфты коммерческого автомобиля для расчета вклада в вибрацию кабины различных источников. Окончательный подбор виброизоляторов производился экспериментально. Авторы отнесли резинометаллические изоляторы к неэффективным и не исследовали причины их низкой эффективности.

Цель данной работы – анализ работы резинометаллических опор кабины трактора, влияние твёрдости их резиновой составляющей на распространение вибрации и представление математических зависимостей, позволяющих оптимизировать разработку резинометаллических опор.

### Основная часть

При установке кабин тракторов массового производства применяют резинометаллические виброгасители. Данный тип опор применяется, поскольку, кроме функции гашения вибрации от источника, он должен соответствовать требованиям безопасности – обеспечивать достаточную прочность при воздействии на кабину поперечных сил.

Исследования проводились на тракторе «Беларус-1221» на стоянке, при максимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя, без нагрузки. Кабина установлена на резинометаллические виброгасители серийной конструкции с различной твёрдостью резины. Методика измерений разработана, основываясь на рекомендациях ведущего производителя виброакустического оборудования Bruel&Kjaer [9]. Измерения производились поверенным прибором первого класса Октава 101ВМ с регистрацией среднеквадратических значений ускорений, выраженных в дБ, в диапазоне частот 8–1000 Гц. Прибор настраивался в режим «локальная вибрация». Датчик AP2082М крепился в соответствующих точках измерений на клей. Выбранный прибор и датчик позволили проводить измерения в режиме реального времени. На всех ниже приведенных спектрограммах уровни вибрации представлены в виде векторной суммы ускорений, измеренных по трём осям в октавных полосах. На рис. 1 приведены результаты проверки виброизоляционных свойств серийной опоры кабины (твёрдость резины 50 единиц по Шору).

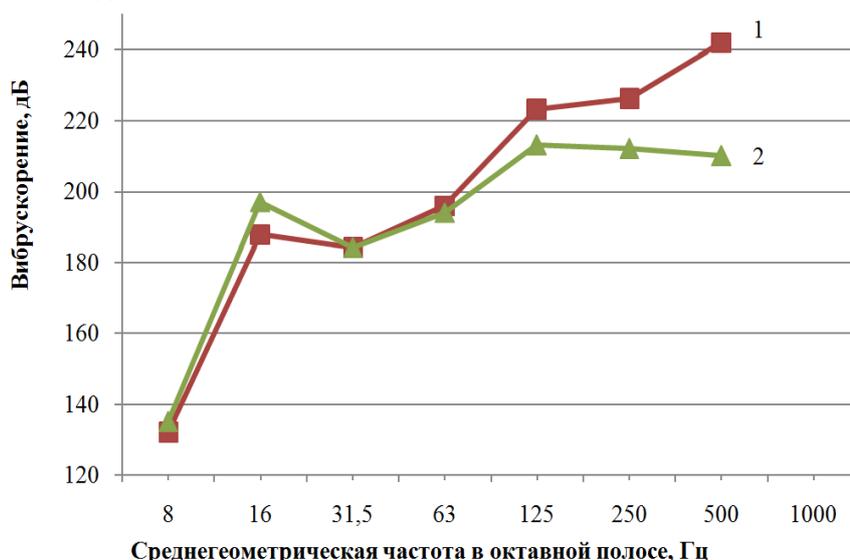


Рис. 1. Спектр виброускорений перед и за виброизолятором кабины: 1 – виброускорение на остова трактора перед задней опорой кабины; 2 – виброускорение на кронштейне крепления кабины к задней опоре

Как видно на представленных спектрограммах, резинометаллические опоры кабины гасят вибрацию на частотах в октавных полосах 125 Гц и выше. В низкочастотной области (63 Гц и ниже) необ-

ходимого эффекта снижения нет, а в октавной полосе 16 Гц отмечено увеличение вибрации при прохождении её через опору. Причинами усиления вибрации опорами могут являться: специфические свойства резины, недостатки в способе установки на четыре опорные точки [2], резонансные явления или возможное совместное воздействие вышеуказанных причин. Основываясь на теоретических исследованиях выше указанных источников, можно утверждать, что увеличение вибрации происходит только вследствие резонансных явлений. В рассматриваемом случае могут быть два типа резонансных явлений: резонанс в резиновой прокладке (волновой резонанс) и резонанс в системе «кабина-виброизолятор-остов трактора». Волновой резонанс возникает при выполнении следующего условия:

$$h = n \cdot \lambda = n \cdot \frac{c}{f}; \quad n = 1, 2, 3, \dots, \quad (4)$$

где  $c$  – скорость распространения волны в среде, м/с;  $\lambda$  – длина волны, м;  $f$  – частота, Гц;  $h$  – один из геометрических размеров опоры.

Длина волны в резине на частоте 16 Гц, в зависимости от ряда внешних факторов, составляет 40–100 м. Сопоставив эту величину с размерами виброизолятора, можно утверждать, что волновой резонанс в опоре отсутствует. Резонансная частота системы «кабина-виброизолятор-остов трактора» определяется по формуле [3]:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{E \cdot S}{m \cdot h}}, \quad (5)$$

где  $E$  – статический модуль упругости, Па;  $S$  – площадь поперечного сечения резиновой прокладки, м<sup>2</sup>;  $h$  – высота резиновой прокладки, м;  $m$  – масса кабины, действующая на одну опору, кг.

Подставив в формулу (5) значения, соответствующие параметрам проверяемого трактора «Беларус-1221», получим  $f_0 = 15 \dots 22$  Гц. Т.е. рассчитанная резонансная частота находится в октавной полосе 16 Гц, а отмеченное усиление вибрации является следствием резонанса системы «кабина-виброизолятор-остов трактора». Все колебательные системы обладают собственной резонансной частотой, на которой колебания от источника теоретически могут усиливаться до бесконечности. В данном случае усиление колебаний наблюдается, но относительно невелико, что обусловлено физическими свойствами резины, высокими механическими потерями при деформации.

Используя выражение (5), можно определить конструкции опор с различными резонансными частотами. И, таким образом, решается проблема повышенного шума в кабине, если частота резонансных колебаний системы совпадает со звуковой частотой, определяющей шум в кабине.

На высоких частотах, в октавных полосах выше 63 Гц, вибрацию можно представить как распределенную нагрузку и её виброизолирующий эффект определяется волновым сопротивлением материала прокладки ( $\rho \cdot c$ ) [2]. Математически это можно представить выражением (6) [3]:

$$VI = 10 \cdot \lg \left( 1 + \left( \pi \cdot f \cdot (\rho \cdot c)_1 \cdot h / E_3 \right)^2 \right), \quad (6)$$

где VI – виброизоляция, дБ;  $(\rho \cdot c)_1$  – волновое сопротивление звукопровода, Па·с/м;  $E_3$  – эквивалентный модуль упругости резины, Па.

Здесь предполагается, что вибрация в резиновой прокладке распространяется как звуковая волна.  $E_3$  и  $(\rho \cdot c)_1$  характеризуют физические свойства резины, определить их точные значения весьма проблематично, а следовательно, рассчитать при практическом применении значение VI невозможно. Выражение (6) полезно при разработке резиноталлических опор, используя его можно сказать, что виброизоляция на высоких частотах будет выше, если применять резиновые прокладки: с большей высотой  $h$ ; с меньшим значением модуля упругости; с большими значениями плотности резины  $\rho$ .

Низкую эффективность гашения на низких частотах можно объяснить тем, что в этом диапазоне частот резиновая прокладка воспринимает вибрацию, как сосредоточенную нагрузку, т.е. ведёт себя как упругость [2]. Передачу вибрации в данном случае определяют параметры колебательной системы, для рассматриваемого примера это «кабина-виброизолятор-остов трактора». Приближённый расчёт виброизоляции можно производить по уравнению (2). Для проверки этого предположения выполнен эксперимент с опорами разной жёсткости, результаты которого представлены на рис. 2.



Рис. 2. Спектр виброускорений за виброизолятором кабины при её установке на опоры из резины различной твёрдости: 1 – твёрдость резины 50 единиц по Шору; 2 – твёрдость резины 40 единиц по Шору

Анализ спектрограммы действительно подтверждает, что на низких частотах у жёсткой резины виброизоляция улучшается, а на высоких частотах ухудшается. Для низкочастотного диапазона также подтверждается справедливость уравнения (2).

### Заключение

1. Изменение жёсткости резинометаллических опор даёт различный эффект в низкочастотной и высокочастотной частях спектра. Жёсткая опора эффективна для гашения низкочастотных колебаний, но ухудшает свойства опоры при гашении высокочастотных колебаний. Мягкая опора наоборот – эффективнее на высоких частотах и снижает эффективность опоры на низких частотах.

2. Изменяя свойства применяемой в опоре резины существенно повысить эффективность резинометаллических опор по всему спектру вибрации невозможно.

3. Приближённый расчёт опор для низкочастотного спектра рекомендуется проводить по уравнению (2), для высокочастотного спектра по уравнению (6).

### ЛИТЕРАТУРА

1. H Seidel, R Heide. Long-term effects of whole-body vibration: a critical survey of the literature. *Int Arch Occup Environ Health*.1986; 58(1): p. 1–26.
2. Разумовский, М. А. Борьба с шумом на тракторах / М. А. Разумовский. – Минск: Наука и техника, 1973. – 208 с.
3. Клюкин, И. И. Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах / И. И. Клюкин. – 2 изд. – Л., 1971. – 416 с.
4. Au-Yeung, KY, Yang, B., Sun, L. et al. Super Damping of Mechanical Vibrations., Article number: 17793–2019, *Scientific Reports* volume 9 Mode of access: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54343-3>. Date of access: 28. 10. 2019 г.
5. Carpineto N., Lacarbonara W., Vestroni F., Hysteretic Tuned Mass Dampers For Structural vibration mitigation, *J. Sound Vib.* 333, 2014. – p. 1302–1318.
6. Васильев, А. В. Расчёт и снижение внутреннего шума и вибрации автомобилей / А. В. Васильев // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* – Т. 6. – 2004. – № 2. – С. 390–398.
7. Кобзев, К. О. Обоснование параметров системы снижения вибрации на рабочем месте оператора козловых кранов / К. О. Кобзев // *Интернет журнал «Науковедение»* том 8. – 2016. – № 5 – 7 с.
8. Li-ya Wang, Yang Zhao, Lan-ping Li, Zheng-yin Ding. Research on the vibration characteristics of the commercial-vehicle cabin based on experimental design and genetic algorithm. // *Journal of Vibroengineering* Vol. 18, Issue 7, p. 4664–4677. Mode of access: <https://doi.org/10.21595/jve.2016.17161> – Date of access: 15.10.2016 г.
9. By Mark Serridge and Torben R. Licht. Theory and Application handbook. Piezoelectric accelerometer and vibration preamplifiers. *Bruel&Kjaer*, 1987. – 150 s.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВИБРОЗАЩИТЫ РАБОЧЕГО МЕСТА ВОДИТЕЛЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

Д. А. ЛИННИК

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,  
г. Гродно, Республика Беларусь, 230023

(Поступила в редакцию 03.04.2023)

Во многих развивающихся странах сельскохозяйственные тракторы используются для различных полевых работ (например, вспашка пласта многолетних трав, вспашка стерни, сплошная культивация, комбинированная обработка почвы, лушение и дискование стерни и многолетних трав, предпосевная обработка почвы с посевом сельскохозяйственных культур, внесение минеральных удобрений, внесение органических удобрений, кошение трав с измельчением и подачей в транспортное средство и другие) и транспортировки по сельским дорогам, где оператор подвергается различного рода вредным воздействиям от физических нагрузок, неблагоприятного микроклимата, различных загрязнений (пыль, выхлопные газы, химикаты), высоких или низких температур, шума и вибрации.

Вибрации являются одним из факторов, в наибольшей степени влияющих на здоровье и условия комфорта, обусловленные характеристиками и взаимодействием конкретных частей трактора (шины, мосты, шасси, кабина).

Нарушения здоровья, как правило, проявляются постепенно, обычно через два-семь лет на рабочих местах, где операторы подвергаются воздействию этих вибраций. Все это делает необходимым точное измерение вибраций, их оценку и оценку реального риска для здоровья операторов. На основе этих данных можно разработать системы безопасности, способные снизить уровень вибрации.

Сохранение здоровья и комфорт водителей сельскохозяйственных тракторов представляют собой важные аспекты эволюции сельскохозяйственной техники, которые привели к разработке устройств, направленных на улучшение условий труда, таких как шумоизоляционная кабина, подвеска сиденья водителя и кабины колесного трактора, которые в настоящее время широко используются в тракторах.

В данной статье предлагается оценка эффективности существующей системы виброзащиты рабочего места водителя по измеренным среднеквадратическим значениям скорректированного виброускорения в вертикальном направлении в третьоктавных полосах частот на полу кабины и подушке сиденья для серии из  $N$  выборок в течение 8 часового рабочего дня при внесении органических удобрений на поля колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с полуприцепом ПСС-20. Приводится анализ результатов исследований.

**Ключевые слова:** колесный трактор, пол кабины, подушка сиденья, водитель, вибрация, скорректированное виброускорение, третьоктавные полосы частот.

In many developing countries, agricultural tractors are used for a variety of field work (e.g., plowing a layer of perennial grasses, plowing stubble, continuous cultivation, combined tillage, peeling and disking stubble and perennial grasses, pre-sowing tillage with crop sowing, applying mineral fertilizers, applying organic fertilizers, grass mowing with grinding and feeding into a vehicle, etc.) and transportation on rural roads, where the operator is exposed to various kinds of harmful effects from physical exertion, unfavorable microclimate, various pollution (dust, exhaust gases, chemicals), high or low temperatures, noise and vibration.

Vibrations are one of the factors that most affect health and comfort conditions due to the characteristics and interaction of specific parts of the tractor (tyres, axles, chassis, cab).

Health problems tend to show up gradually, usually after two to seven years in workplaces where operators are exposed to these vibrations. All this makes it necessary to accurately measure vibrations, evaluate them and assess the real risk to the health of operators. Based on this data, safety systems can be developed that can reduce vibration levels.

Maintaining the health and comfort of agricultural tractor drivers are important aspects of the evolution of agricultural machinery, which have led to the development of devices aimed at improving working conditions, such as a noise-insulated cab, suspensions of driver's seat and wheeled tractor cabs, which are now widely used in tractors.

This article proposes an assessment of the effectiveness of the existing vibration protection system for the driver's workplace based on the measured root-mean-square values of the corrected vibration acceleration in the vertical direction in one-third octave frequency bands on the cab floor and seat cushion for a series of  $N$  samples during an 8-hour working day when organic fertilizers are applied to the fields by a wheeled tractor "Belarus-3022DTs.1" with semi-trailer PSS-20. The analysis of research results is given.

**Key words:** wheeled tractor, cab floor, seat cushion, driver, vibration, corrected vibration acceleration, one-third octave frequency bands.

### Введение

В последние годы, помимо эксплуатационных характеристик, внимание производителей сельскохозяйственной техники все больше сосредоточивается на аспектах комфорта и сохранения здоровья оператора, что привело к внедрению устройств и инструментов, способных значительно улучшить условия труда. Например, кабины современных сельскохозяйственных тракторов, как правило, оснащены кондиционерами, системами звукоизоляции и сиденьями водителя с подвесками различного конструктивного исполнения. Вибрации, передающиеся на все тело водителя, являются одним из факторов, в наибольшей степени влияющих на здоровье и комфорт. Они являются результатом характеристик таких элементов, как кабина, шины, шасси, осей и подвесок сидений, которые по-разному взаимодействуют в зависимости от внешних условий (неровностей почвы, уклона, вида сельскохозяйственной операции, скорости движения и т. д.) [1].

Низкочастотные вибрации, производимые сельскохозяйственными транспортными средствами, могут быть чрезвычайно сильными в зависимости от местности, через которую проходит сельскохозяйственное транспортное средство, и скорости движения транспортного средства [2; 3]. По сравнению с прогрессом, достигнутым за последние десятилетия в улучшении характеристик сельскохозяйственных тракторов (мощность, трансмиссия, электроника), защита водителя от вибрации остается недостаточной. Это связано с тем, что, как правило, сельскохозяйственные тракторы не имеют подвески шасси, а шины, которые являются относительно гибкими и слабо демпфированными, являются единственной системой подвески [4; 5]. Это объясняет, почему водитель колесного трактора подвергается воздействию низкочастотных вибраций высокой амплитуды, которые являются важным фактором риска возникновения болей в пояснице [6]. Чтобы снизить риск для здоровья и дискомфорт для водителя, а также дать возможность водителю работать быстрее, важно максимально изолировать водителя от вибрации [7].

Относительно сидящих операторов в стандарте ISO 5008/2002 дополнительно указывается, что вибрация всего тела – это вибрация, передаваемая телу в целом через ягодицы сидящего оператора. Воздействие высоких уровней вибрации всего тела может вызвать или усугубить травмы спины. Такие риски наиболее значительны, когда величины вибрации высоки, длительность воздействия становится большой, частой и регулярной, и, кроме того, вибрация включает в себя сильные удары или толчки [8; 9].

В [10; 11] отражены нормативное скорректированное эквивалентное значение виброускорения при длительности вибрационного воздействия 8 ч –  $0,5 \text{ м/с}^2$ , допустимое значение –  $0,8 \text{ м/с}^2$ , предельное значение –  $1,15 \text{ м/с}^2$ .

Вибрация всего тела, которую испытывают трактористы, вызывается навесными орудиями и взаимодействием колесного трактора с обрабатываемой поверхностью земли. Пол кабины трактора, рычаги управления, подушка сиденья, спинка сиденья и рулевое колесо являются одними из мест контакта, где вибрация передается на тело водителя колесного трактора. Эти вибрации могут вызывать у людей дискомфорт, а иногда и проблемы со здоровьем. Несколько исследований показали, что водители колесных тракторов часто подвергаются воздействию вибрации, уровень которой превышает нормативное значение вибрационного воздействия ( $0,5 \text{ м/с}^2$ ), установленное в Директиве 2002/44/ЕС [11]. Высокие уровни вибрационного воздействия тесно связаны с рядом заболеваний, включая заболевания опорно-двигательного аппарата (например, боль в спине), утомляемость (например, мышечную усталость), физиологические проблемы (например, концентрация внимания, сонливость) и проблемы с нервной системой (например, синдром запястного канала) [12].

Организм человека представляет собой сложную механическую систему, состоящую из множества линейных и нелинейных элементов, имеющих значительные индивидуальные различия. Частоты вертикальных колебаний некоторых частей тела человека можно принять с соответствующими приближениями, например: голова – 25 Гц, плечи – 4–5 Гц, грудь – 60 Гц, позвоночник – 10–12 Гц, живот – 4–8 Гц, бедра – 50–200 Гц, локти – 16–30 Гц, глазница – 30–80 Гц [13].

Устранить многие факторы, порождающие вибрации, которые через гибкие и полугибкие соединения и крепления передаются на сиденье водителя, сложно, но снизить уровень вибрации различными конструкциями, безусловно, возможно. Известные мировые производители тракторов (Class, Fendt, CAT, Case, John Deere, New Holland, JCB, Massey Ferguson) посвятили себя решению этих проблем и явно повысили безопасность и комфорт водителей во всех аспектах [14].

Производители тракторов стараются улучшить санитарно-гигиенические и комфортные условия в своей продукции за счет разработки и внедрения новых устройств. Среди них, например, можно выделить кабину трактора, оснащенную автоматической системой самовыравнивания, целью которой является изменение положения кабины и удержание водителя в правильном положении во время сельскохозяйственных операций [1].

В стремлении обеспечить оптимальные условия труда сиденье, вероятно, является ключевым фактором защиты водителя от вибраций. Вместе с подвеской оно должно поглощать вибрации и обеспечивать водителю оптимальный комфорт. Длительное воздействие низкочастотной вибрации на организм водителя ведет к развитию вибрационной болезни, которая доминирует среди профессиональных заболеваний и чаще встречается у рабочих, занятых в сельском хозяйстве, на транспорте и в других отраслях народного хозяйства. Поэтому снижение влияния вибрации на организм водителя колесного трактора является приоритетным направлением научных исследований [15].

Цель исследования заключается в оценке эффективности существующей системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора при выполнении полевых работ (внесение органических удобрений на поля) по измеренным среднеквадратическим значениям скорректированного виброускорения в вертикальном направлении в третьоктавных полосах частот на полу кабины и подушке сиденья колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с полуприцепом ПСС-20.

## Основная часть

Экспериментальные исследования проводили с целью оценки эффективности существующей системы виброзащиты рабочего места водителя по измеренным среднеквадратическим значениям скорректированного виброускорения в вертикальном направлении в третьоктавных полосах частот на полу кабины и подушке сиденья для серии из  $N$  выборок в течение 8 часового рабочего дня при внесении органических удобрений на поля колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с полуприцепом ПСС-20.

Объектом исследования был выбран колесный трактор «Беларус-3022ДЦ.1» с полуприцепом ПСС-20.

Оценка длительности воздействия вибрации на водителя колесного трактора в течение рабочего дня основана на фактическом измерении длительности вибрационного воздействия во время выполнения конкретных рабочих циклов с учетом их повторяемости в течение рабочего дня. Полученные результаты измерений усредняли. Усредненное среднеквадратическое значение скорректированного виброускорения для серии из  $N$  выборок определяли по ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) [9; 16].

Рабочие условия и испытательные участки определены с точки зрения реальных условий работы колесного трактора. Варьируемым параметром, определяющим рабочие условия, служила скорость передвижения колесного трактора в заданном режиме работы. Режим работы определяли исходя из вида выполняемых работ. В нашем случае – это работа по внесению органических удобрений на поля колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с полуприцепом ПСС-20 (рис. 1).



Рис. 1. Внесение органических удобрений на поля:

а) внешний вид колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» с полуприцепом ПСС-20; б) испытательные участки на поле

Экспериментальные исследования проводились в светлое время суток на определенных естественных участках испытательного пути (рис. 1). Температура окружающего воздуха находилась в пределах от  $+5$  до  $+7^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность рабочего дня, в нашем случае, составляла 8 часов.

Испытательные участки выбирали таким образом, чтобы длина пути на этом участке, где оценивали общую вибрацию, была достаточной для передвижения колесного трактора с постоянной скоростью в течение не менее 3 минут [16; 17].

Измерение среднеквадратических значений скорректированного виброускорения на рабочем месте водителя осуществляли в соответствии с ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) [16], ГОСТ 31193-2004 (ЕН 1032:2003) [17], ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:2003) [18].

Оценку воздействия вибрации на водителя колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» осуществляли путем непрерывного измерения вибрации в течение всего рабочего дня с использованием современной измерительной техники (рис. 2).



Рис. 2. Рабочее место водителя колесного трактора и шумомер-вибромметр, анализатор спектра ЭКОФИЗИКА-110А (НФ-Белая) с трехкомпонентным датчиком АР2038Р-10

Для измерения среднеквадратических значений скорректированного виброускорения на рабочем месте водителя колесного трактора были выбраны места установки датчика AP2038P-10: подушка сиденья и опорная поверхность для ног (пол кабины) [16–18].

На момент проведения экспериментальных исследований на передней оси колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» были установлены шины 540/65 R30 фирмы «BELSHINA», а на задней оси – 650/65 R42 фирмы «Cultor» (Чехия). Внутреннее давление воздуха в передних шинах составляло 2,1 МПа, а в задних – 2,2 МПа. Сиденье было отрегулировано по массе водителя с учетом условий работы колесного трактора. Неправильная регулировка сиденья может привести к увеличению вибрации в вертикальном направлении.

В результате проведенных экспериментальных исследований были измерены среднеквадратические значения скорректированного виброускорения в вертикальном направлении в третьоктавных полосах частот на полу кабины и подушке сиденья для серии из  $N$  выборок в течение 8 часового рабочего дня при внесении органических удобрений на поля колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с полуприцепом ПСС-20 (рис. 1) со скоростями передвижения: 5 км/ч, 7 км/ч и 9 км/ч (рис. 3–5).

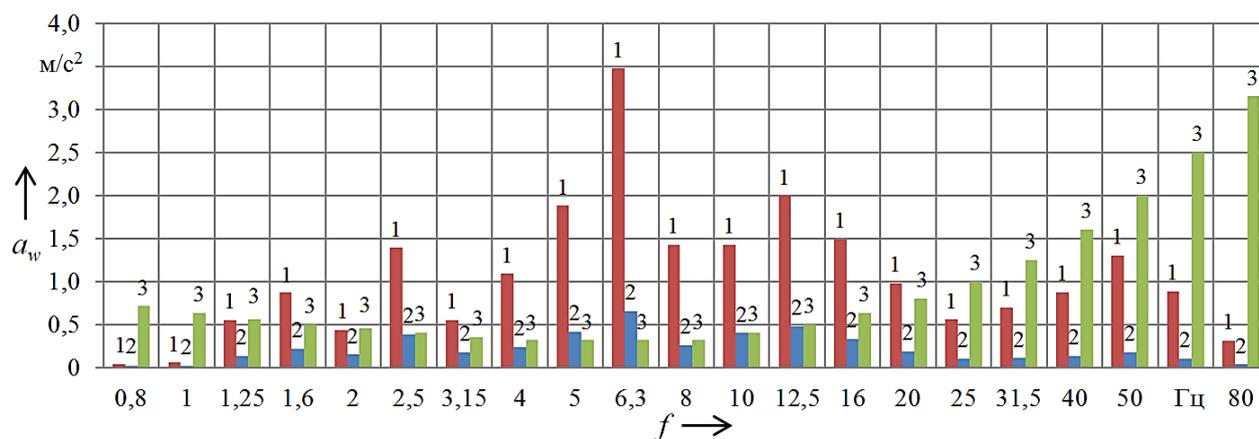


Рис. 3. Среднеквадратические значения скорректированного виброускорения на рабочем месте водителя при внесении органических удобрений на поля колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с полуприцепом ПСС-20 со скоростью передвижения 5 км/ч: 1 – пол кабины; 2 – подушка сиденья; 3 – СНиП от 26.12.2013 № 132 [19]

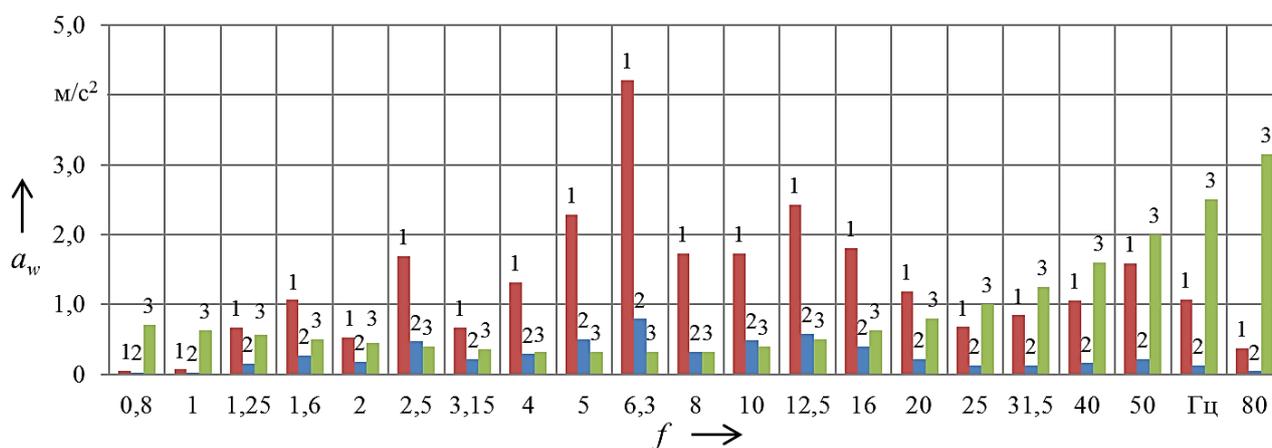


Рис. 4. Среднеквадратические значения скорректированного виброускорения на рабочем месте водителя при внесении органических удобрений на поля колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с полуприцепом ПСС-20 со скоростью передвижения 7 км/ч: 1 – пол кабины; 2 – подушка сиденья; 3 – СНиП от 26.12.2013 № 132 [19]

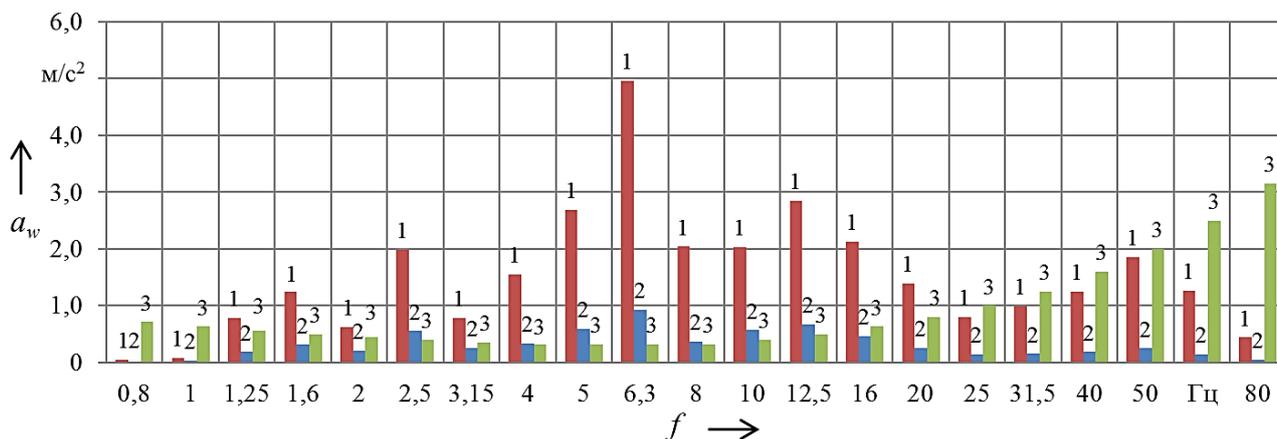


Рис. 5. Среднеквадратические значения скорректированного виброускорения на рабочем месте водителя при внесении органических удобрений на поля колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с полуприцепом ПСС-20 со скоростью передвижения 9 км/ч: 1 – пол кабины; 2 – подушка сиденья; 3 – СНиП от 26.12.2013 № 132 [19]

### Заклучение

По результатам экспериментальных исследований были сформулированы следующие выводы:

1. Среднеквадратические значения скорректированного виброускорения в третьоктавных полосах частот на полу кабины при внесении органических удобрений на поля колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с полуприцепом ПСС-20 со скоростями передвижения 5 км/ч, 7 км/ч и 9 км/ч в течение 8 часового рабочего дня превышают величину предельно допустимых значений виброускорения общей вибрации 1 категории (транспортной) [19] на диапазоне частот 1,25–20 Гц в среднем в 4,2 раза (рис. 3–5).

2. Среднеквадратические значения скорректированного виброускорения в третьоктавных полосах частот на подушке сиденья при внесении органических удобрений на поля колесным трактором «Беларус-3022ДЦ.1» с полуприцепом ПСС-20 в течение 8 часового рабочего дня превышают величину предельно допустимых значений виброускорения общей вибрации 1 категории (транспортной) [19]: при скорости передвижения 5 км/ч на диапазоне частот 5–6,3 Гц в среднем в 1,7 раза; при 7 км/ч на частоте 2,5 Гц в 1,2 раза, на диапазоне частот 5–12,5 Гц в среднем в 1,5 раза; при 9 км/ч на частоте 2,5 Гц в 1,4 раза, на диапазоне частот 4–12,5 Гц в среднем в 1,7 раза (рис. 3–5).

3. Максимальные среднеквадратические значения скорректированного виброускорения в третьоктавных полосах частот на полу кабины наблюдаются на диапазоне частот 1,25–20 Гц, а на подушке сиденья: при скорости передвижения колесного трактора 5 км/ч на диапазоне частот 5–6,3 Гц; при 7 км/ч – 2,5 Гц, 5–6,3 Гц и 10–12,5 Гц; при 9 км/ч – 2,5 Гц, 5–12,5 Гц (рис. 3–5).

В связи с вышеизложенным сделан вывод о неэффективности работы системы виброзащиты рабочего места водителя на ряде частот. Таким образом, существующая на колесном тракторе «Беларус-3022ДЦ.1» система виброзащиты рабочего места водителя нуждается в доработке.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Levels of Whole-Body Vibrations Transmitted to the Driver of a Tractor Equipped with Self-Levelling Cab during Soil Primary Tillage / D. Pochi [et al.] // *AgriEngineering*. – 2022. – Vol. 4. – P. 695–706.
2. Lines, J. A. Whole Body Vibration During Tractor Driving / J. A. Lines, M. Stiles, R. T. Whyte // *Journal of Low Frequency Noise and Vibration*. – 1995. – Vol. 14 (2). – P. 87–104.
3. Scarlett, A. J. Whole-body vibration: Evaluation of emission and exposure levels arising from agricultural tractors / A. J. Scarlett, J. S. Price, R. M. Stayner // *Journal of Terramechanics*. – 2007. – Vol. 44. – P. 65–73.
4. Cutini, M. Assessment of tractor's tires influence on operator's comfort / M. Cutini, C. Bisaglia, E. Romano // *Proceedings of XXXII CIOSTA Conference, Nitra, September 2007*. – Nitra, 2007. – P. 197–206.
5. Servadio, P. Analysis of driving seat vibrations in high forward speed tractors / P. Servadio, A. Marsili, N. P. Belfiore // *Bio-systems Engineering*. – 2007. – Vol. 97. – P. 171–180.
6. Bovenzi, M. Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress / M. Bovenzi, A. Betta // *Appl. Ergon.* – 1994. – Vol. 25 (4). – P. 231–241.
7. Whole Body Vibration (WBV) transmitted to the operator by tractors equipped with radial tires / R. Deboli, A. Calvo, C. Preti, G. Paletto // *Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems: International Conf., Ragusa, 15–17 Sept. 2008*. – Ragusa, 2008. – P. 1–8.
8. *Agricultural Wheeled Tractors and Field Machinery – Measurement of Whole-Body Vibration of the Operator: Standard ISO 5008:2002*. – Geneva: International Standard Organization (ISO), 2002. – 17 p.
9. Линник, Д. А. Влияние конструктивного исполнения системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора на развитие профессиональных заболеваний / Д. А. Линник, А. С. Воронцов // *Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки*. – 2019. – № 11. – С. 15–23.

10. Whole-body vibration in agriculture. In Practical User's Guide / European Agricultural Machinery (CEMA). – Brussel: Diamant Building, 2005. – 6 p.
11. Directive 2002/44/EC of the European parliament and the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) // Official Journal of the European Communities. – 2002. – L. 177, vol. 45. – 12 p.
12. Whole-body vibration: Characterization of seat-to-head transmissibility for agricultural tractor drivers during loader operation / A. Singh [et al.] // Smart Agricultural Technology. – 2023. – Vol. 4 (100164). – P. 1–7.
13. Линник, Д. А. Конструкция опытного демпфера системы поддрессирования кабины колесного трактора / Д. А. Линник, О. В. Билык // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2022. – № 1 (74). – С. 39–48.
14. Линник, Д. А. Имитационные испытания систем виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора / Д. А. Линник // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 137–141.
15. Линник, Д. А. Методика определения физико-механических свойств виброизолятора кабины колесного трактора / Д. А. Линник // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 128–132.
16. Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах: ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003). – Введ. 30.06.2008. – М.: Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем, 2008. – 23 с.
17. Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Общие требования: ГОСТ 31193-2004 (ЕН 1032:2003). – Введ. 30.06.2008. – М.: Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем, 2008. – 30 с.
18. Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования: ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997). – Введ. 30.06.2008. – М.: Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем, 2008. – 29 с.
19. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий», Гигиенического норматива «Предельно допустимые и допустимые уровни нормируемых параметров при работах с источниками производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий» [Электронный ресурс] : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 26 дек. 2013 г., № 132: внес. доп. 15 апр. 2016 г. № 57 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь: нормативно-правовая база. – Режим доступа: <http://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/tekhnicheskie-normativnye-pravovye-akty/teksty-tekhnicheskikh-normativnykh-aktov/sanitarnye-normy-pravila-i-gigienicheskie-normativy-reglamentiruyushchie-osnovnye-trebvaniya-pri-vo.php> – Дата доступа: 14.03.2023.

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ РОТОРНОГО БИЛЬНО-ВЫЧЕСЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБМОЛОТА ЛЬНА

М. В. ЦАЙЦ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: maksimts@tut.by

(Поступила в редакцию 10.04.2023)

*В статье приводятся результаты теоретических и лабораторных исследований разработанного в УО БГСХА роторного бильно-вычесывающего устройства для обмолота льна при реализации комбайновой технологии уборки.*

*Качество работы обмолачивающего устройства определяется его геометрическими и кинематическими параметрами. Основными геометрическими параметрами предлагаемой конструкции обмолачивающего устройства является радиус ротора, радиус защитного кольца, параметры и количество устанавливаемых на роторе бичей.*

*Выполненные исследования позволили получить теоретико-эмпирические зависимости для определения радиуса ротора (0,35 м) и радиуса защитного кольца (0,12 м) роторного бильно-вычесывающего устройства.*

*Получены аналитические зависимости для определения параметров бичей как объемной фигуры, исходя из ширины основания бичей, диаметра ротора, поперечного угла подъема боковой поверхности бича, продольного угла подъема бича, поперечного угла подъема передней поверхности бича и количества установленных на роторе бичей.*

*Исследование параметров ленты стеблей льна, формируемой рабочими органами прицепного льноуборочного комбайна «Двина 4М» позволило установить, что величина относительного перекоса стеблей в ленте не превышает 0,188 рад (12 град). Разработана методика и установлена эмпирическая зависимость для определения коэффициента учитывающего удлинение стеблей в ленте льна под действием продольных сил, возникающих во время работы обмолачивающего устройства. По результатам однофакторных поисковых экспериментов обмолота лент льна роторным бильно-вычесывающим устройством установлены рациональные значения поперечного угла подъема боковой поверхности бича, поперечного угла подъема передней поверхности бича и ширины основания бича.*

*Получена аналитическая зависимость устанавливающая связь между интенсивностью воздействия на ленту льна с конструктивными параметрами роторного бильно-вычесывающего устройства (радиус ротора, ширина основания бича, количество установленных бичей на роторе) и его кинематическими параметрами (окружная скорость вращения периферийной части ротора и скорость движения зажимного транспортера).*

**Ключевые слова:** лен, обмолачивающее устройство, геометрические параметры, бичи, коробочки льна, семена льна, обмолот, очес, лента льна, комбайновая технология.

*The article presents the results of theoretical and laboratory studies of a rotary beater-combing device for flax threshing in the implementation of combine harvesting technology developed at the Belarusian State Agricultural Academy.*

*The quality of the threshing device is determined by its geometric and kinematic parameters. The main geometric parameters of the proposed design of the threshing device are the radius of the rotor, the radius of the protective ring, the parameters and the number of beaters installed on the rotor.*

*The performed studies allowed to obtain theoretical and empirical dependences for determining the radius of the rotor (0.35 m) and the radius of the protective ring (0.12 m) of the rotary beater-combing device.*

*Analytical dependencies were obtained to determine the parameters of the beaters as a three-dimensional figure, based on the width of the base of the beaters, the diameter of the rotor, the transverse angle of elevation of the side surface of the beater, the longitudinal angle of the rise of the beater, the transverse angle of elevation of the front surface of the beater and the number of beaters installed on the rotor.*

*The study of the parameters of the flax stem belt formed by the working bodies of the Dvina 4M trailed flax harvester made it possible to establish that the relative skew of the stems in the belt does not exceed 0.188 rad (12 degrees). A technique has been developed and an empirical dependence has been established to determine the coefficient that takes into account the elongation of the stems in the flax tape under the action of longitudinal forces that arise during the operation of the threshing device.*

*Based on the results of single-factor search experiments of threshing flax tapes with a rotary beater-combing device, rational values of the transverse angle of elevation of the side surface of the beater, the transverse angle of elevation of the front surface of the beater and the width of the base of the beater were established. An analytical dependence has been obtained that establishes a relationship between the intensity of the impact on the flax tape with the design parameters of the rotary beater-combing device (rotor radius, the width of the base of the beater, the number of installed beaters on the rotor) and its kinematic parameters (the circumferential speed of rotation of the peripheral part of the rotor and the speed of the clamping conveyor).*

**Key words:** flax, threshing device, geometric parameters, beaters, flax bolls, flax seeds, threshing, tow, flax ribbon, combine technology.

### Введение

Урожайность льнопродукции напрямую зависит от качества семенного материала. К основным проблемам семеноводства льна в Республике Беларусь относят: сокращение числа льносемянстанций, недостаток семян высоких посевных кондиций. Зачастую сеют семенами массовых репродукций, что недопустимо, т. к. использование семян низкой репродукции приводит к снижению урожайности и качества льнопродукции.

В условиях Республики Беларусь получение семенного материала осуществляется по комбайновой и раздельной технологиям при отделении семян в поле [1, 2]. Несмотря на внедрение раздельной технологии уборки, основной для получения семян льна, используемых в дальнейшем для посева, является комбайновая [3].

От уровня совершенства технологического процесса отделения семенной части урожая льна-долгунца от стеблей зависит величина урожая, качество льнопродукции, величина потерь, трудоемкость и энергоёмкость послеуборочной доработки вороха льна. Так как льносеющие хозяйства Республики Беларусь для получения посевного материала в основном используют льноуборочные комбайны ЛК-4А и «Двина 4М» [1, 4, 5] с гребневым очесывающим аппаратом, то получение семян сопровождается существенными материальными потерями и трудовыми затратами [1, 6, 7]. Работа гребневого очесывающего аппарата льноуборочного комбайна сопровождается повышенными повреждениями и отходом части стеблей в путанину, возникающую в результате прочесывания слоя спутанных и сцепленных между собой стеблей; защемлением стеблей в межзубовом пространстве, приводящим к обрыву стеблей и выдергиванию их из зажимного транспортера; снижением степени очеса семян при повышении растянутости ленты льна (особенно выражено при работе на полеглых посевах); низкой эффективностью при работе на короткостебельном льне.

В результате проведенного анализа устройств для отделения семян льна от стеблей [7], была предложена конструктивно-технологическая схема роторного бильно-вычесывающего устройства (рис. 1) [8, 9], отличающегося тем, что оно выполнено в виде ротора 2 с одной стороны которого установлены косые бичи 3, а с другой стороны – вычесывающе-транспортирующая щетка, что в сочетании с декой обеспечивает комбинированное ударное, вытирающее и вычесывающее воздействие на ленту льна.

Цель исследования – теоретически обосновать конструктивные параметры разрабатываемого устройства, исключая повреждение стеблей льна, а также обеспечивающие технологические параметры процесса обмолота; определить эмпирический коэффициент удлинения стеблей льна под действием рабочих органов обмолачивающего устройства; установить взаимосвязь между конструктивными и кинематическими параметрами обмолачивающего устройства.

#### Основная часть

Поступающая на обмолот лента содержит в верхушечной части растений семенные коробочки (рис. 1). Зона их расположения  $L_{ск}$  велика и имеет в стеблестое на корню высоту 0,25–0,45 м, а в ленте льна из-за растянутости и неодинаковой длины растений она составляет 0,35–0,56 м [10].

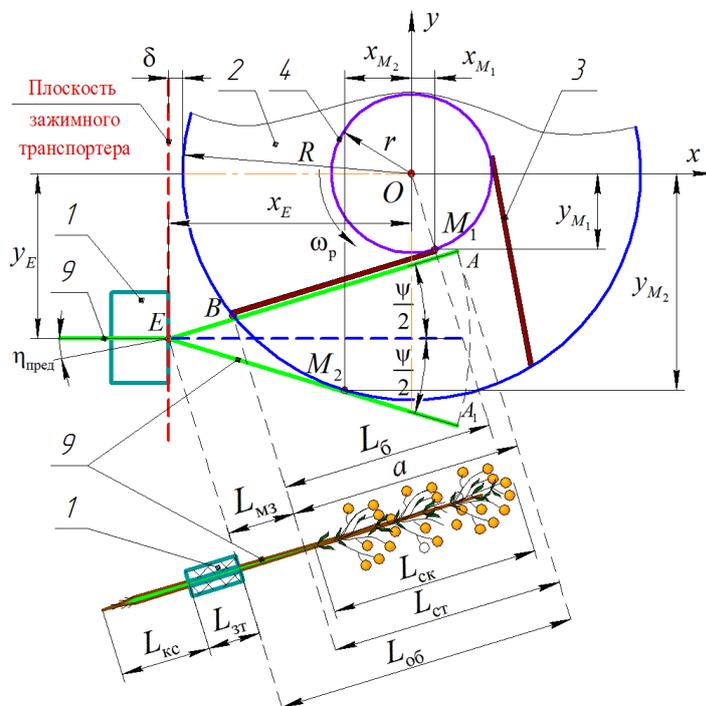


Рис. 1. Общая схема обмолота: 1 – зажимной транспортер; 2 – диск ротора; 3 – бич; 4 – защитное кольцо; 5 – стебли льна

Чистота отделения семенной части от стеблей должна составлять не менее 98 % на прямостоящем

и 95 % – на полеглом льне. При этом отход стеблей в путанину не должен превышать 3 % [11].

Отделение семенных коробочек от стеблей осуществляется в зоне очеса  $BA$ , длина которой равна  $a$ . Длина «мертвой» зоны  $L_{мз}$  равна расстоянию от передней границы ручья зажимного транспортера (точка  $E$ ) до точки  $B$  наиболее удаленной от оси вращения ротора  $O$ . Чем больше  $a$  и меньше  $L_{мз}$ , тем полнее будет обмолот, особенно короткостебельного льна. Длина зоны обмолота  $a$  должна быть больше или равна ширине зоны расположения семенных коробочек в ленте  $L_{ск}$ , то есть

$$a \geq L_{ск}. \quad (1)$$

Поскольку ротор 2 с бичами 3 в процессе работы осуществляет вращательное движение вокруг оси  $O$ , то при большом значении величины  $EA$ , соответствующей длине стеля льна от места зажима до вершины  $L_{об}$ , стебель может наматываться на защитное кольцо 4. Условие не наматывания можно записать как

$$L_{мз} + L_б + 2 \cdot \pi \cdot r \geq L_{об} \cdot \kappa, \quad (2)$$

где  $L_{мз}$  – длина «мертвой» зоны, расстояние от передней границы ручья зажимного транспортера (точка  $E$ ) до пересечения окружности ротора плоскостью подаваемой ленты льна (точка  $B$ ), м;  $L_б$  – длина рабочей поверхности бича, м;  $L_{об}$  – длина стеля льна от места зажима до вершины, м;  $r$  – радиус защитного кольца, м;  $\kappa$  – коэффициент учитывающий удлинение стеблей в ленте льна.

С целью определения параметра  $\kappa$  была изготовлена лабораторная установка, схема и общий вид которой представлены на рис. 2, а.

Установка представляет собой сплошную плиту 1. На плите 1 жестко закреплено зажимное устройство 3 имитирующее зажимной транспортер, в которое укладывалась лента льна 2. В нижней части плиты имеется линейная шкала 4 (ГОСТ 5094–74 с точностью до 1 мм). Плита устанавливалась в раму вертикальной конструкции шарнирно, с возможностью поворота на  $90^\circ$ . В качестве растягивающей силы использовался груз 5 массой исключающий обрыв стебля.

Опыты проводили следующим образом. На расположенную горизонтально плиту 1, в зажимное устройство 3 укладывался отрезок ленты льна 2 длиной 0,5 м полученный при работе теребильного аппарата льноуборочного комбайна «Двина 4М». За верхнюю часть стебля, ниже соцветия» фиксировался груз. С помощью шкалы 4 фиксировалось начальное положение стебля, а затем плита плавно переводилась в вертикальное положение, стебель под действием груза вытягивался, после чего фиксировалось значение длины стебля в вытянутом состоянии. Испытанию подвергалась лента стеблей льна шириной  $B_л$  0,69, 0,82, 0,96 и 1,09 м.

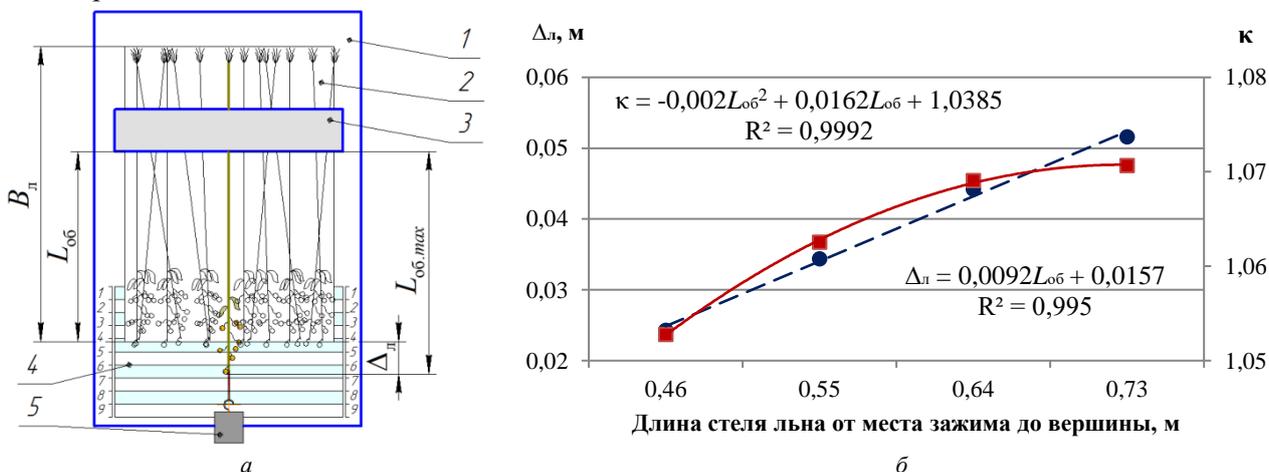


Рис. 2. Схема лабораторной установки для определения параметров  $\Delta_l$  и  $\kappa$  (а), графики зависимости  $\Delta_l$  и  $\kappa$  от  $L_{об}$  (б)

Для определения величины  $\kappa$  были заготовлены опытные образцы свежесобранного льна на полях льнозавода ОАО «Горкилен». Исследуемые образцы стеблей льна имели влажность 43–55 %, значения диаметров стеблей находились в пределах  $(0,48–2,37) \cdot 10^{-3}$  м, а их длина – 0,62–0,98 м.

В результате исследований получено 120 значений величины  $\Delta_l$  и 120 расчетных значений  $\kappa$  при различных значениях  $L_{об}$ .

Графики зависимостей длины участка  $\Delta_l$  и  $\kappa$  от длины стеля льна  $L_{об}$  от места зажима до вершины приведены на рисунке 2, б. Из графической зависимости видно, что параметр  $\Delta_l$  имеет линейную зависимость от длины  $L_{об}$ , описываемую уравнением:

$$\Delta_L = 0,0092 \cdot L_{об} + 0,0157, \quad (3)$$

с коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,995$ .

В свою очередь коэффициент  $\kappa$  имеет зависимость от параметра  $L_{об}$  в виде степенной функции вида:

$$\kappa = -0,002 \cdot L_{об}^2 + 0,0162 \cdot L_{об} + 1,0385 \quad (4)$$

коэффициент детерминации составляет  $R^2 = 0,995$ .

Ранее нами была установлена зависимость безразмерного показателя  $R/r$  [12, 13]

$$\frac{-R}{r} = \frac{r \cdot \cos(\eta_{пред}) + \operatorname{tg}(\eta_{пред}) \cdot \left( R + \delta - \frac{r \cdot \cos(\eta_{пред})}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + \eta_{пред}\right)} \right) + \operatorname{tg}(\eta_{пред}) \cdot (R + \delta)}{r \cdot \cos(\eta_{пред}) + \operatorname{tg}(\eta_{пред}) \cdot \left( R + \delta - \frac{r \cdot \cos(\eta_{пред})}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + \eta_{пред}\right)} \right) - \operatorname{tg}(\eta_{пред}) \cdot (R + \delta)}, \quad (5)$$

где  $R$  – радиус ротора, м;

$\eta_{пред}$  – предельный угол изгиба стеблей льна, (для свежесвытербленных стеблей льна  $\eta_{пред} = 17...27^\circ$  [14]);

$\delta$  – расстояние между плоскостью зажимного транспортера и ротором, м (расстояние  $\delta$ , обеспечивающее свободное вращение ротора, с учетом конструктивных особенностей зажимного транспортера находится в пределах 0,03–0,04 м).

Радиус ротора можно определить по зависимости:

$$R = \frac{r \cdot \cos(\eta_{пред}) \cdot \operatorname{tg}(\eta_{пред})^2 + 2 \cdot \delta \cdot \operatorname{tg}(\eta_{пред}) + r \cdot \cos(\eta_{пред})}{\cos(\eta_{пред}) \cdot \operatorname{tg}(\eta_{пред})^2 - 2 \cdot \operatorname{tg}(\eta_{пред}) + \cos(\eta_{пред})} \quad (6)$$

Анализ зависимостей (5) и (6), с учетом неравенства (2) и выражения (4) для определения эмпирического коэффициента  $\kappa$ , с учетом возможных параметров подаваемой на обмолот ленты льна позволил установить наиболее рациональные значения радиуса ротора ( $R = 0,35$  м) и радиуса защитного кольца ( $r = 0,12$  м).

Для определения параметров бичей ротора была рассмотрена схема (рис. 3), отражающая взаимное расположение двух соседних бичей. Бич ротора представляет собой объемную фигуру сложной конфигурации: смещенный относительно радиальной оси ротора вниз на величину радиуса  $r$  защитного кольца, он расширяется на величину  $\beta_6$  по мере приближения к оси вращения  $O$ , передняя поверхность бича имеет угол установки  $\alpha_n$ , а боковая поверхность имеет угол наклона  $\alpha_6$ .

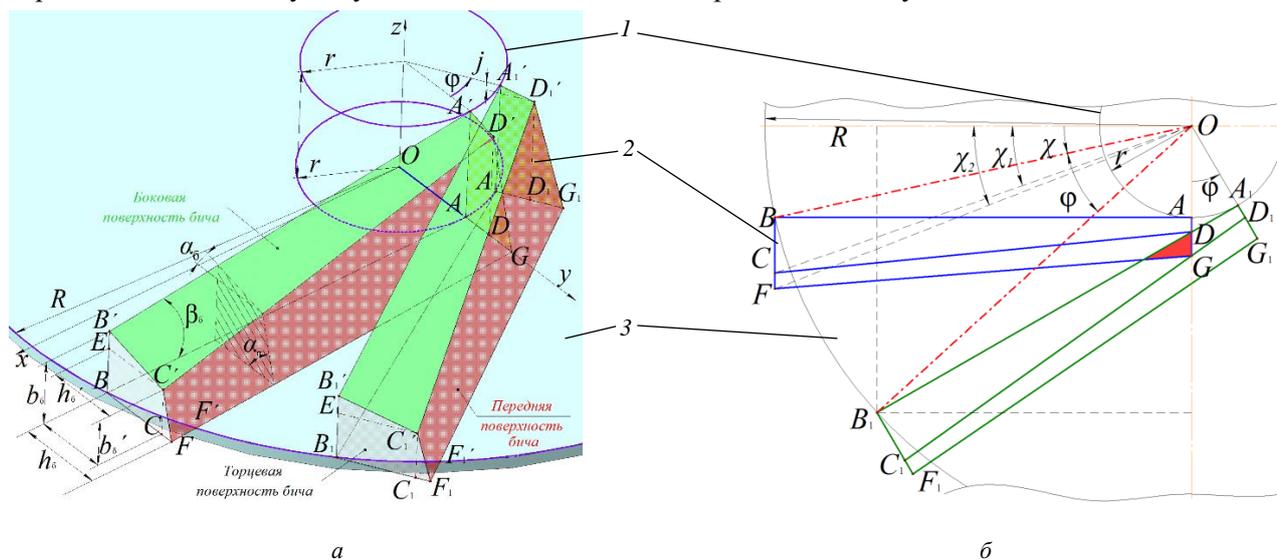


Рис. 3. Схема к определению параметров бича: *a* – пространственная схема расстановки бичей на роторе; *б* – элемент ротора – вид сверху; 1 – защитное кольцо; 2 – бич; 3 – ротор

Ширину бича  $b'_6$ , определяемую его передней поверхностью, найдем по зависимости

$$b'_6 = -\frac{b_6 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_n) - h_6 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_6) \cdot \operatorname{tg}(\alpha_n)}{\operatorname{tg}(\alpha_6) - \operatorname{tg}(\alpha_n)}, \quad (7)$$

где  $b_6$  – ширина основания бича, м;  $\alpha_n$  – угол наклона передней поверхности бича, рад;  $h_6$  – высота основания бича, м;  $\alpha_6$  – угол наклона боковой поверхности бича, рад.

Высоту бича  $h'_6$ , определяемую его боковой поверхностью, найдем по зависимости:

$$h'_6 = h_6 - \frac{b'_6}{\operatorname{tg}(\alpha_n)}. \quad (8)$$

Величине подъема боковой поверхности бича  $j$  определим по зависимости:

$$j = \frac{b_6 + \operatorname{tg}(\beta_6) \cdot \sqrt{R^2 - r^2} - \frac{h_6 \cdot b'_6}{h_6 - h'_6}}{\frac{b'_6}{\operatorname{tg}(\alpha_6) \cdot (h_6 - h'_6)} - 1}. \quad (9)$$

Угол  $\chi$  между радиус-вектором точки  $B$  и его проекцией на ось  $Ox$  определим по зависимости:

$$\chi = \arccos\left(\frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{R}\right). \quad (10)$$

Угол  $\chi_1$  между радиус-вектором точки  $C$  и его проекцией на ось  $Ox$  определим по зависимости:

$$\chi_1 = \arccos\left[\frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{\sqrt{\sqrt{R^2 - r^2} + (r + h'_6)^2}}\right]. \quad (11)$$

Угол  $\chi_2$  между радиус-вектором точки  $F$  и его проекцией на ось  $Ox$  определим по зависимости:

$$\chi_2 = \arccos\left[\frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{\sqrt{\sqrt{R^2 - r^2} + (r + h_6)^2}}\right]. \quad (12)$$

Высоту защитного кольца  $h_k$  определим как:

$$h_k = b_6 + \sqrt{R^2 - r^2} \cdot \operatorname{tg}(\beta_6). \quad (13)$$

Полученные теоретико-эмпирические зависимости для определения радиуса ротора и радиуса защитного кольца роторного бильно-вычесывающего устройства с учетом результатов исследований поперечного угла подъема боковой поверхности бича 0,47 рад (27°), поперечного угла подъема передней поверхности бича 1,4 рад (80°) и ширины основания бича 0,055 м [15], позволяют установить геометрические параметры устройства.

Кинематические характеристики работы обмолачивающего устройства определяются показателем интенсивности воздействия  $q$ .

$$q = \frac{v_p \cdot k_6 \cdot b_6 \cdot \lambda}{\pi \cdot v_{\text{тр}} \cdot R}, \quad (14)$$

где  $v_p$  – окружная скорость вращения периферийной части ротора, м/с;  $k_6$  – количество установленных на роторе бичей, шт;  $\lambda$  – коэффициент заполнения молотильного пространства,  $\lambda = 0,7 \dots 0,85$  [16];  $v_{\text{тр}}$  – скорость зажимного транспортера, м.

Из выражения (14) видно, что интенсивность воздействия на ленту льна зависит от соотношения окружной скорости вращения ротора и скорости зажимного транспортера, а также геометрических параметров ротора и коэффициента заполнения молотильного пространства.

### Заключение

По результатам проведенных исследований получены теоретико-эмпирические зависимости позволившие определить радиус ротора (0,35 м) и радиус защитного кольца (0,12 м) роторного бильно-вычесывающего устройства. Разработана методика определения зависимости для определения коэффициента учитывающего удлинение стеблей в ленте льна под действием продольных сил, возникающих во время работы обмолачивающего устройства и установлена его эмпирическая зависимость.

Получены аналитические зависимости для определения параметров бичей как объемной фигуры, исходя из ширины основания бичей, диаметра ротора, поперечного угла подъема боковой поверхности бича, продольного угла подъема бича, поперечного угла подъема передней поверхности бича и количества установленных на роторе бичей.

Исследование параметров ленты стеблей льна, формируемой рабочими органами прицепного льноуборочного комбайна «Двина 4М» позволило установить, что величина относительного перекоса стеблей в ленте не превышает 0,188 рад (12 град).

По результатам однофакторных поисковых экспериментов обмолота лент льна роторным бильно-вычесывающим устройством установлены рациональные значения параметров бича: поперечный угол подъема боковой поверхности бича 0,47 рад (27°); поперечный угол подъема передней поверхности бича 1,4 рад (80°); ширина основания бича 0,055 м.

Получена аналитическая зависимость, устанавливающая связь между интенсивностью воздействия на ленту льна с конструктивными параметрами роторного бильно-вычесывающего устройства (радиус ротора, ширина основания бича, количество установленных бичей на роторе) и его кинематическими параметрами (окружная скорость вращения периферийной части ротора и скорость движения зажимного транспортера).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2. – С. 137–141.
2. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна / В. А. Шаршунов, В. Е. Круглень, А. Н. Кудрявцев [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 156 с.
3. Шаршунов, В. А. Анализ обеспеченности льносеющих хозяйств республики Беларусь техническими средствами для уборки льна-долгунца / В. А. Шаршунов, В. А. Кожановский, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 4. – С. 150–156.
4. Технические средства для уборки льна-долгунца в разрезе перспектив развития льноводческой отрасли / В. В. Азаренко, В. С. Астахов, С. В. Курзенков, О. В. Гордеенко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3. – С. 136–139.
5. Казакевич, П. П. Техничко-технологічныя асновы павышэння якасця ляннай тресты / П. П. Казакевич // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2011. – № 1. – С. 89–93.
6. Ростовцев, Р. А. Повышение качества очеса стеблей льна путем совершенствования технологии и оптимизации параметров и режимов работы очесывающего аппарата: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Р. А. Ростовцев. – Санкт-Петербург-Павловск, 2003. – 19 с.
7. Анализ устройств для отделения семян льна от стеблей / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4. – С. 174–180.
8. Патент 2788696 С1 РФ. Устройство для отделения семенных коробочек и семян льна от стеблей / М. В. Симонов, В. А. Шаршунов, Н. С. Сентюров, М. В. Цайц. заявл. 16.06.2022; опубл. 24.01.2023, Бюл. № 3.
9. Устройство для отделения семенных коробочек льна от стеблей: пат. 21293 Респ. Беларусь, МПК А 01D 45/06 (2006.01) / В. Е. Круглень, В. И. Коцуба, П. Д. Сентюров, А. Д. Сентюров, М. В. Цайц, Г. А. Райлян, И. Л. Подшиваленко; заявитель УО БГСХА. – № а 20130044; заявл. 14.01.2013; опубл. 25.05.2017 // Афіцыйны бюлетэнь / Нацыянальны цэнтр інтэлектуальнай уласнасці. – 2017. – № 4 (117). – С. 57.
10. Зинцов, А. Н. О взаимном расположении ленты растений льна-долгунца и очесывающего аппарата при раздельной уборке // Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 3. С. 75–80.
11. Отраслевой регламент. Возделывание и уборка льна-долгунца. Типовые технологические процессы. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2019. – 12 с.
12. Обоснование рациональной схемы расположения элементов роторного устройства для отделения семенной части от стеблей льна и конструктивных его параметров / С. В. Курзенков, М. В. Симонов, М. В. Цайц, В. И. Коцуба // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 10(137). – С. 7–19. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-10-7-19.
13. Обоснование рациональной схемы расположения элементов и конструктивных параметров роторного устройства для отделения семенной части от стеблей льна / М. В. Цайц, С. В. Курзенков, В. И. Коцуба, В. А. Левчук // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3. – С. 166–173.
14. Ковалев, М. М. Исследование сопротивления стеблей льна отгибу / М. М. Ковалев, А. В. Галкин, В. И. Дмитриев // Проблемы повышения технологического качества льна-долгунца: Материалы Международной научно-технической конференции, Торжок, 02–03 ноября 2004 года. – Торжок: ООО «Фирма Вариант», 2005. – С. 224–229.
15. Цайц, М. В. Поисковые эксперименты процесса обмолота лент льна роторным бильно-вычесывающим устройством / М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 156–164.
16. Хайлис, Г. А. Механика растительных материалов / Г. А. Хайлис. Киев: УААН, 2002. – 374 с.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБОСНОВАНИЮ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОТАЦИОННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА****Б. К. КАЛИЕВ, Е. Б. БОЛАТ, Н. А. КАМЫШЕВА***Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова,  
г. Костанай, Казахстан, 110007***С. В. ЕПИФАНОВА, Д. Б. РАХИМОВА***Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова,  
г. Костанай, Казахстан, 110000, e-mail: kaliyevb@mail.ru**(Поступила в редакцию 06.04.2023)*

Основная доля энергозатрат при возделывании сельскохозяйственных культур приходится на механическую обработку почвы, которая уплотняется при неоднократном воздействии колес сельхозтехники. Разрыхление верхнего плотного слоя почвы следует проводить таким образом, чтобы это не привело к интенсивной потере влаги из плодородного слоя. В районах возделывания с недостаточным естественным увлажнением необходима рациональная система обработки почвы. Эффективным методом разуплотнения почв является послеуборочное щелевание, которое отмечается значительным тяговым сопротивлением при обработке почвы стандартными машинами по традиционному методу. Основная идея состоит в том, что почву необходимо обрабатывать в определённый агротехнический период, когда коэффициент скольжения почвы позволяет применить активный рабочий орган, то есть после уборки урожая и до момента пока верхний слой влажный и не затвердел под действием низких температур. Авторами предлагается ротационный щелеватель при движении которого почвообрабатывающие рабочие органы, иглы, совершают сложную траекторию движения и вращаясь вокруг своей продольной оси, проколами разуплотняют почву на глубину 20...25 см, разрушая плужную подошву, оставляя на поверхности почвы S-образные щели. Разработана математическая модель движения иглы, учитывающая глубину и длину щели, коэффициент скольжения почвы, а так же длину иглы и углы атаки. Проведённые теоретические расчёты показывают, что в результате работы щелевателя на поле формируется сеть разуплотняющих почву щелей, которая способствует накоплению влаги при таянии снега, и обладают минимальной площадью зеркала воды во избежание интенсивного испарения и стока.

**Ключевые слова:** почва, влага, щелеватель, рабочий орган, ротационные машины, технологический процесс, регулировка.

*The main share of energy consumption in the cultivation of agricultural crops falls on mechanical tillage of the soil, which is compacted under repeated impact of the wheels of agricultural machinery. The loosening of the upper dense soil layer should be carried out in such a way that it does not lead to an intensive loss of moisture from the fertile layer. In areas of cultivation with insufficient natural moisture, a rational tillage system is necessary. An effective method of soil deconsolidation is post-harvest slotting, which is marked by significant traction resistance when tilling the soil with standard machines according to the traditional method. The basic idea is that the soil must be cultivated during a certain agrotechnical period when the coefficient of slip of the soil allows the use of an active working body, that is, after harvesting and until the top layer is wet and has not hardened under the action of low temperatures. The authors propose a rotary slotter during the movement of which the soil-cultivating working bodies, needles, make a complex trajectory of movement and, rotating around their longitudinal axis, loosen the soil with punctures to a depth of 20–25 cm, destroying the plow pan, leaving S-shaped slots on the soil surface. A mathematical model of the movement of the needle has been developed, taking into account the depth and length of the gap, the slip coefficient of the soil, as well as the length of the needle and angles of attack. The carried out theoretical calculations show that as a result of the work of the slitter on the field, a network of crevices decompacting the soil is formed, which contributes to the accumulation of moisture when snow melts, and have a minimum area of the water mirror to avoid intense evaporation and runoff.*

**Key words:** soil, moisture, slotter, working body, rotary machines, technological process, adjustments.

**Введение**

Обработка почвы – одна из фундаментальных практик ведения сельского хозяйства и является одним из эффективных агротехнических приемов сохранения почвенной влаги в предпосевной период [1, 2]. Дефицит влаги является основным фактором [3], оказывающим влияние на интенсивность развития, роста и повышения продуктивности возделываемой продукции. Таким образом, актуальным является поиск новых влагосберегающих приёмов обработки почвы.

Известно, что в условиях постоянного воздействия степных ветров, традиционные методы обработки почвы (вспашка, минимальная обработка с применением безотвальных орудий) приводят к тому, что 40–70 % выпадающих осадков теряется за счет испарения, стока воды и сноса снега [4].

С целью получения стабильного урожая сельскохозяйственных культур в районах возделывания с недостаточным естественным увлажнением необходима рациональная система обработки почвы, для оптимизации которой в последние годы стали активно использоваться приемы глубокого рыхления [5, 6].

Поверхностный слой почвы периодически уплотняется колёсами сельхозтехники, что приводит к разрушению структуры почвы, ухудшается её аэрация, водопроницаемость снижается в 4–6 раз –

влага практически не впитывается, а стекает в сторону, вследствие чего снижение урожайности может достигнуть 30 %.

Влага, образующаяся после таяния снега, плохо впитывается в необработанный поверхностный слой из-за его чрезмерной уплотнённости [7, 8]. Эффективным методом разуплотнения почв является послеуборочное щелевание, проводимое до выпадения зимних осадков. Однако щелевание характеризуется значительным тяговым сопротивлением, которое можно снизить путём применения ротационного рабочего органа.

Цель исследования – Обоснование конструктивных параметров ротационного рабочего органа.

Задачи исследований:

1. Разработка математической модели работы ротационного рабочего органа.
2. Обоснование конструктивно-режимных параметров ротационного рабочего органа.

### Основная часть

Нами предлагается ротационный щелеватель, при работе которого почвообрабатывающие рабочие органы вращаясь вокруг своей продольной оси разуплотняют почву иглами на глубину 20–25 см [9, 10].

Технологический процесс, осуществляемый такими ротационными рабочими органами [11] увеличивает водопроницаемость почвы [12], обеспечивает накопление влаги на глубине залегания корневых систем растений, усиливает мобилизацию органического вещества, улучшает физические свойства почвы. Разрабатываемый ротационный щелеватель имеет опорные колёса 3 и состоит из двух штанг с изменяемыми в горизонтальной плоскости углами атаки  $\alpha$  (рис. 1). Каждая штанга имеет вал 4 с двумя жёстко закреплёнными на ней почвообрабатывающими рабочими органами 2, при этом расстояние между ними – 75 см. Валы опираются на подшипники 5 и приводятся во вращение от ВОМ 6 трактора через редуктор 1. Опорные колёса 3 служат для транспортировки щелереза и регулировки глубины обработки. Ротационный рабочий орган имеет горизонтальную ось вращения, плоскость его вращения отклонена поступательного движения на угол атаки  $\alpha$ , иглы перемещаются в почве на глубину  $h$  [13].

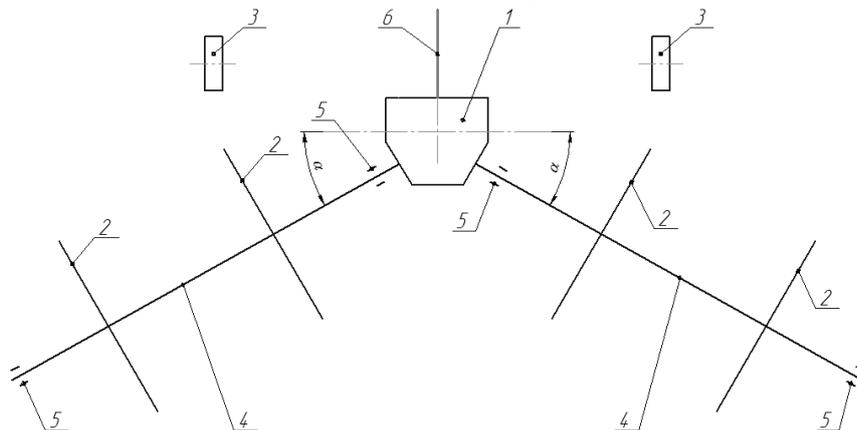


Рис. 1. Принципиальная схема щелевателя:

- 1 – редуктор; 2 – почвообрабатывающий рабочий орган; 3 – опорные колеса; 4 – валы; 5 – подшипники; 6 – вал отбора мощности трактора

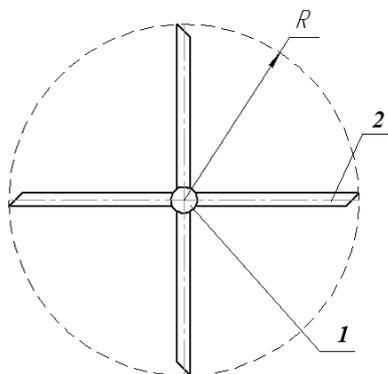


Рис. 2. Принципиальная схема почвообрабатывающего рабочего органа:  
1 – ступица; 2 – игла

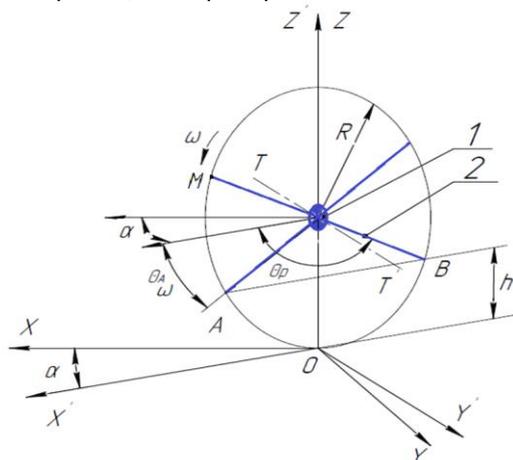


Рис. 3. Расчетная схема ротационного рабочего органа

Количество игл, установленных на одном почвообрабатывающем рабочем органе, может быть различным – 4 до 6 и более. Внешняя поверхность иглы (рис. 2), обращенная в сторону направления движения, выполнена с заточкой в форме лезвия. Изменением положения рамы щелевателя относительно поверхности поля регулируется глубина обработки в пределах 20...25 см. Желательно размещать ось штанги как можно ближе к поверхности почвы с целью уменьшения расстояния между соседними щелями.

В случае, когда на одном почвообрабатывающем рабочем органе закреплены 4 иглы и ось штанги находится вблизи поверхности поля, в контакте с почвой всегда находится 2 иглы. Точка  $M$  – это крайняя точка, острière иглы (рис. 3). В зависимости от угла атаки  $\alpha$  на поверхности почвы формируется ряд щелей, чем меньше угол атаки, тем больше боковой интервал. Для описания траектории движения иглы можно использовать математическую модель основанной на системе уравнений [13]:

$$\begin{cases} X = \theta \cdot R / (i \cdot \cos \alpha) + R \cdot \cos \theta \cdot \cos \alpha \\ Y = R \cdot \cos \theta \cdot \sin \alpha \\ Z = R \cdot (1 - \sin \theta) \end{cases} \quad (1)$$

где  $X, Y, Z$  – координаты рассматриваемой точки  $M$  иглы в неподвижной прямоугольной системе координат  $OXYZ$ ;  $R$  – радиус вращения иглы;  $\theta$  – угол поворота радиуса от горизонтальной плоскости;  $i$  – коэффициент, характеризующей проскальзывание иглы относительно дна щели.

Во время перемещения щелереза закреплённый на валу штанги почвообрабатывающий рабочий орган в подвижной системе координат  $O'X'Y'Z'$ , совершает относительно вращательное движение в плоскости  $X'OZ'$  с угловой скоростью  $\omega$  относительно оси  $T-T'$ , при этом угол между осями  $OX'$  и  $OX$  равен углу атаки  $\alpha$ . Кривая  $AOB$  описывает траекторию движения иглы в почве. Позиция иглы в момент контакта с почвой описывается расположением радиус-вектора  $O'A$ , заданного углом  $\theta_A$ . По схеме рис. 3 угол  $\theta_A$  и  $\theta_B$  определяется:

$$\theta_A = \arcsin(1 - h/R) \quad (2)$$

$$\theta_B = \pi - \theta_A. \quad (3)$$

где  $h$  – глубина обработки, см;  $R$  – внешний радиус вращения иглы, см.

В точке  $A$  игла входит в почву на глубину  $h$  (рис. 3). Точка  $B$  – точка выхода иглы из почвы. Отрезок  $AB = l$  и представляет длину образуемой щели. Для определения её длины воспользуемся математическим решением.

Длина щели между точками входа и выхода иглы из почвы выражается формулой [14]:

$$AB = l = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (4)$$

По известным координатам найдем длину щели (табл. 1–3).

Результаты расчетов по формуле (4) выполнены для глубины  $h=22$  см, который является оптимальным параметром [13]. Все результаты (4) занесены в (табл. 1–3).

На рис. 4–11 представлены зависимости траекторий движения точки иглы ротационного рабочего органа от угла атаки  $\alpha$  и коэффициента скольжения  $i$ .

Таблица 1. Параметры глубины и длины щели при коэффициенте скольжения почвы 0,8

№	Угол атаки щелевателя – $\alpha$ , град	Длина иглы – R, см			
		35	40	45	50
1	5		40,15		40,63
2	10		43,57		44,73
3	15		48,96		51,06
4	20		56,00		59,25

Таблица 2. Параметры глубины и длины щели при коэффициенте скольжения почвы 1,0

№	Угол атаки щелевателя – $\alpha$ , град	Длина иглы – R, см			
		35	40	45	50
1	5	19,74	18,57	17,71	17,08
2	10	23,48	22,99	22,73	22,72
3	15	28,89	29,10	29,48	30,05
4	20	35,44	36,33	37,35	38,41

Таблица 3. Параметры глубины и длины щели при коэффициенте скольжения почвы 1,2

№	Угол атаки щелевателя – $\alpha$ , град	Длина иглы – R, см			
		35	40	45	50
1	5	5,0	9,2	5,0	9,2
2	10	10,0	13,5	10,0	13,5
3	15	15,0	18,8	15,0	18,8
4	20	20,0	24,7	20,0	24,7

Из анализа теоретических расчетов по формулам (1) и (4) приведённых в таблицах 1–3, можно сделать следующие выводы – на длину щели влияет коэффициент скольжения и длина иглы рабочего органа. Наиболее короткая щель образуется при коэффициенте скольжения  $i=1,2$ . На рисунках 4–7 приведены траектории перемещения точки М иглы при разных длинах игл – 30, 40 и 50 см. Рисунки 4–7 – это вид сверху (плоскость XOY) и рисунки 8–11 – это вид сбоку (плоскость XOZ) на траектории движения точки М. В результате работы щелереза на поверхности почвы образуются прерывистые S-образные щели, расположенные под углом к направлению движения при разных углах атаки  $\alpha=5, 10, 15, 20^\circ$  (рис. 4–7).

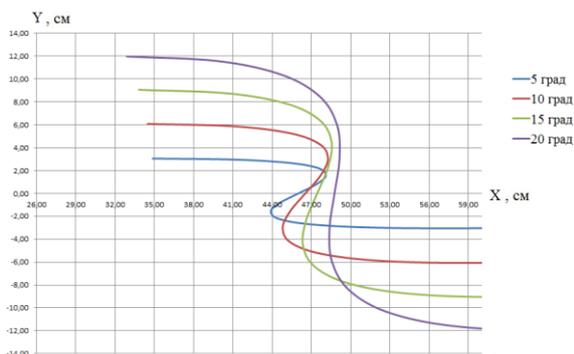


Рис. 4. Траектория перемещения точки иглы в плоскости XOY. Коэффициент скольжения  $i = 1,2$ ;  $R = 35$  см;

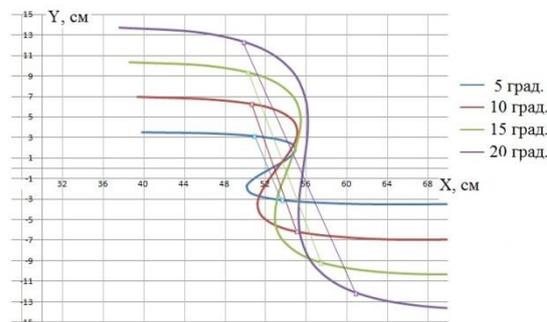


Рис. 5. Траектория перемещения точки иглы в плоскости XOY. Коэффициент скольжения  $i = 1,2$ ;  $R = 40$  см;

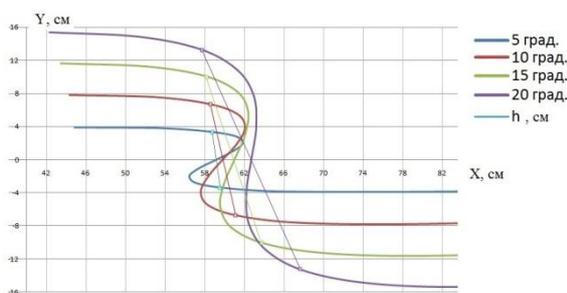


Рис. 6. Траектория перемещения точки иглы в плоскости XOY. Коэффициент скольжения  $i = 1,2$ ;  $R = 45$  см;

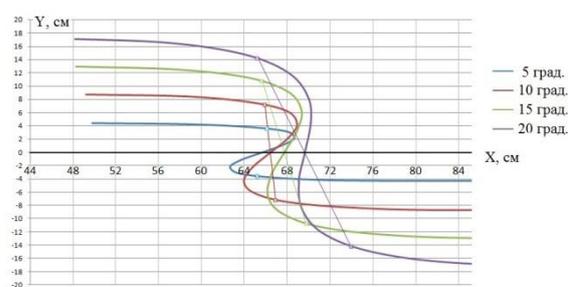


Рис. 7. Траектория перемещения точки иглы в плоскости XOY. Коэффициент скольжения  $i = 1,2$ ;  $R = 50$  см;

Далее на рисунках 8–11 приведены траектории движения точки М иглы на глубине – 22 см при разных углах атаки  $\alpha=5, 10, 15, 20^\circ$ .

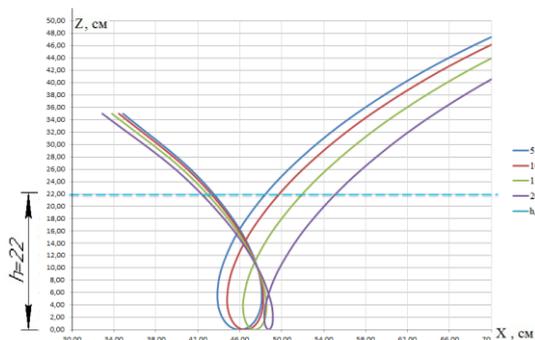


Рис. 8. Траектория перемещения точки иглы в плоскости XOZ. Коэффициент скольжения  $i = 1,2$ ;  $R = 35$  см;



Рис. 9. Траектория перемещения точки иглы в плоскости XOZ. Коэффициент скольжения  $i = 1,2$ ;  $R = 40$  см;

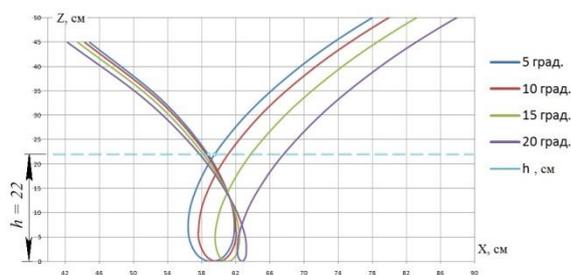


Рис. 10. Траектория перемещения точки иглы в плоскости  $XOZ$ . Коэффициент скольжения  $i = 1,2$ ;  $R = 45$  см;

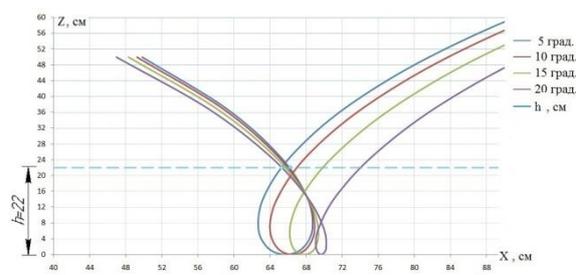


Рис. 11. Траектория перемещения точки иглы в плоскости  $XOZ$ . Коэффициент скольжения  $i = 1,2$ ;  $R = 50$  см;

Кривые демонстрируют увеличение длины траектории и ширины захвата  $b$  щелевателя по мере роста угла атаки  $\alpha$ . Повышение коэффициента скольжения  $i$  также влечёт увеличение длины траектории, но ширина захвата щелевателя остаётся прежней. Увеличение длины иглы от 35 до 50 см приводит к уменьшению длины траектории щели до 20 % при углах атаки  $\beta = 5-10^\circ$ . В интервале углов атаки  $15-20^\circ$  наблюдается увеличение длины щели до 11 %. При всех значениях длины иглы с увеличением угла атаки наблюдается увеличение длины образуемой щели от 14 до 54 %.

Существенно влияет на длину щели коэффициент скольжения  $i$ . При  $i = 1,2$  длина щели изменяется в пределах 7–37 см. Уменьшение  $i$  до 0,8 длина щели увеличивается в 2–5,7 раза.

### Заключение

Проведённые теоретические расчёты показывают, что в результате работы щелевателя на поле формируется сеть разуплотняющих почву щелей на расстоянии друг от друга 75 см. Щели длиной 40–60 см и глубиной 20–25 см, способствуют накоплению влаги при таянии снега, и обладают минимальной площадью зеркала воды во избежание интенсивного испарения и стока.

Теоретическим путем определены рациональные параметры: угол атаки  $\alpha=5^\circ$ , коэффициент скольжения  $i=1,2$ , длина иглы 35–45 см, метод обработки – активный.

Данный агротехнический прием позволяет не только накопить, но и сохранить почвенную влагу за счет наличия на поверхности поля растительных остатков, предотвратить возникновение водной эрозии и повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 25–30 % [7].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Meryem Kuzucu, and Funda Dökmen. «The Effects of Tillage on Soil Water Content in Dry Areas» Agriculture and Agricultural Science Procedia, – vol. 4, – 2015. – p. 126–132. DOI: 10.1016/j.aaspro.2015.03.015.
2. Нугманов, А. Б. Проведение весенних полевых работ в системе сберегающего и органического земледелия в 2017 году: рекомендация / А. Б. Нугманов – Заречное: Костанайский НИИСХ. – 2017. – 55 с.
3. Chennafi Houria, and Saci A. «The performances of Durum Wheat Yield (Triticum Durum Desf.) Under Tillage Effect in Semi-Arid Environment» Energy Procedia, vol. 18, – 2012. DOI: 10.1016/j.egypro.2012.05.102.
4. Бутенко, С. Ю. Влияние способов почвообработки на влагосбережение / С. Ю. Бутенко // Эпоха науки. – 2015. – № 4. – С. 48.
5. Иншаков, С. В. Рабочий орган глубокого рыхления для предпосевной обработки почвы / С. В. Иншаков, И. А. Бородин // Аграрный вестник Приморья. – 2020. – № 3(19). – С. 39–44.
6. Разработка технологии и почвообрабатывающего орудия для условий сухого земледелия / В. М. Бойков, С. В. Старцев, А. В. Павлов, Е. С. Нестеров // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2022. – № 12. – С. 5-9. DOI: 10.26160/2309-8864-2022-12-5-9.
7. Обоснование рациональных конструктивных параметров щелевателя для осенней обработки стерневых фонов к тракторам тягового класса 8 / Ю. В. Полищук [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2020. – Т. 87. – №1. – С. 49-55. DOI: 10.31992/0321-4443-2020-1-49-55.
8. Piotr Bozek, Jaroslaw Janus, Jaroslaw Taszakowski, and Agnieszka Glowacka. «Determining Consistency of Tillage Direction with Soil Erosion Protection Requirements as The Element of Decision-Making Process in Planning and Applying Land Consolidation» IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 44, – 2016. DOI: 10.1088/1755-1315/44/4/042024.
9. Гайфуллин, Г. З. Рабочие органы для мелкой осенней обработки почвы / Г. З. Гайфуллин, М. А. Амантаев, Г. Б. Абдугалиева // 3i: Intellect, Idea, Innovation - интеллект, идея, инновация. – 2017. – № 2–1. – С. 112–117.
10. Сангинов, С. Р. Влияние глубины основной обработки почв и применения навоза на микробиологическую активность староорошаемых почв / С. Р. Сангинов, Н. С. Сангова // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. – 2020. – № 1(208). – С. 67–72.
11. Определение качества обработки почвы игольчатой бороной / М. М. Ковалев [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – Т. 83. – №10. – С. 11-13. DOI: 10.17816/0321-4443-66190.
12. Бледных, В. В. Экономичная глубина основной обработки почвы / В. В. Бледных, П. Г. Свечников // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – Т. 81. – №10. – С. 34–35. DOI: 10.17816/0321-4443-65534.
13. Калиев, Б. К. Определение параметров следа ротационного щелевателя с прямыми иглами / Б. К. Калиев // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сборник статей по материалам XLI студенческой международной научно-практической конференции, Новосибирск, 26 апреля 2016 года. – С. 306–306.
14. Выгодский, М. Я. Справочник по высшей математике / М. Я. Выгодский. – Москва: Астрель: АСТ, 2008. – 991 с. ISBN 978-5-17-012238-7.

## ОПЫТ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КАРДАННЫХ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБИЛЕЙ МАЗ

М. Е. КИПНИС, Г. А. КОСТЮКОВИЧ, А. В. ПОПРУКАЙЛО

ОАО «Белкард»,  
г. Гродно, Республика Беларусь, 230026  
e-mail: maratkipnis@mail.ru; gsktb@belcard-grodno.com; ogt@belcard-grodno.com

А. С. ВОРОНЦОВ

УО «Гродненский государственный университет им. Янки Купалы»,  
г. Гродно, Республика Беларусь, 230020; e-mail: a.voroncov@grsu.by

(Поступила в редакцию 12.04.2023)

*Карданные передачи, предназначенные для передачи вращательного движения между агрегатами трансмиссий, отличаются многообразием конструктивных решений. Их характеристики влияют на уровень вибрации, шума, на надежность трансмиссии, устойчивость движения и маневренность автомобиля. Эффективность эксплуатации автомобильных трансмиссий в немалой степени зависит от параметров карданной передачи.*

*Отказы отдельных узлов карданной передачи при наличии существенного дисбаланса часто становятся причиной выхода из строя сопряженных с ней агрегатов автомобиля (например, редукторов ведущих мостов и коробок передач). Повышенная металлоемкость, виброактивность, недостаточная надежность отдельных элементов или узлов являются существенными недостатками многих конструкций карданных передач. Поэтому для современной техники актуальна проблема совершенствования конструкций карданных передач, повышения их надежности и эргономичности на базе новых конструкторских решений, оптимизированных по динамическим параметрам, применяемым материалам и технологиям изготовления.*

*В случае превышения длины двухопорных карданных валов, допустимой по условию критической частоты вращения, в конструкции применяется промежуточная опора. Узел промежуточной опоры воспринимает нагрузки от изгибных колебания, дисбаланса валов и осевых сил, возникающих в механизме изменения длины. В конструкциях карданных передач с промежуточной опорой крутящий момент передается через неподвижное шлицевое соединение, состоящее из шлицевого конца и сопрягаемого с ним фланца. При этом шлицевый конец является элементом, лимитирующим прочность карданной передачи.*

*В статье представлен анализ эксплуатации карданных передач с промежуточной опорой, проведены исследования причин разрушения шлицевого соединения промежуточной опоры. Показано, что по результатам исследований создана новая конструкция шлицевого соединения промежуточной опоры с увеличенной долговечностью и повышенным ресурсом.*

**Ключевые слова:** карданная передача, промежуточная опора, отказ, разрушение, надежность, шлицы, шлицевый конец, исследования, испытания, крутящий момент, долговечность.

*Cardan gears designed to transmit rotational motion between transmission units are distinguished by a variety of design solutions. Their characteristics affect the level of vibration, noise, transmission reliability, driving stability and vehicle maneuverability. The efficiency of operation of automobile transmissions to a large extent depends on the parameters of the driveline.*

*Failures of individual components of the cardan transmission in the presence of a significant imbalance often cause the failure of the vehicle's associated units (for example, gearboxes of drive axles and gearboxes). Increased metal consumption, vibration activity, insufficient reliability of individual elements or assemblies are significant drawbacks of many cardan gear designs. Therefore, for modern technology, the problem of improving the designs of cardan gears, increasing their reliability and ergonomics on the basis of new design solutions optimized in terms of dynamic parameters, materials used and manufacturing technologies is relevant.*

*If the length of the double-support cardan shafts is exceeded, which is permissible under the condition of the critical speed, an intermediate support is used in the design. The intermediate support unit perceives loads from bending vibrations, shaft imbalance and axial forces arising in the length change mechanism. In designs of cardan gears with an intermediate support, the torque is transmitted through a fixed spline connection, consisting of a splined end and a flange mating with it. In this case, the splined end is an element that limits the strength of the driveline.*

*The article presents an analysis of the operation of cardan gears with an intermediate support, studies of the causes of the destruction of the spline connection of the intermediate support are carried out. It is shown that, based on the results of the research, a new design of the spline connection of the intermediate support with increased durability and increased resource has been created.*

**Key words:** cardan gear, intermediate support, failure, destruction, reliability, splines, splined end, research, testing, torque, durability.

**Введение**

Карданные передачи представляют сочленение одного или нескольких шарниров и трубчатых валов. Они компенсируют осевые перемещения, а также передают вращающий момент при постоянных или переменных углах. Существует большое число модификаций карданных передач. Различия их конструкций обуславливается спецификой эксплуатации или значениями передаваемых крутящих моментов [1].

В процессе эксплуатации карданная передача должна удовлетворительно функционировать в период установленного срока службы, т.е. соответствовать всем требованиям, вытекающим из особенностей ее использования. Каждая конструкция карданной передачи обладает определенной продол-

жительностью функционирования, под которой понимают долговечность или ресурс системы. Карданная передача должна иметь такую прочность на кручение, которая обеспечивает передачу вращающего момента без риска преждевременной поломки. При этом необходимо, чтобы их детали имели одинаковый ресурс. Габариты карданной передачи должны отличаться пропорциональностью для того, чтобы свести к минимуму действие динамических сил. Кроме того, конструкция карданной передачи должна обладать равнопрочностью и иметь такие размеры, при которых обеспечивается безопасная работа при максимальной частоте вращения [1–5].

Целью исследования статьи «Опыт повышения надёжности карданных передач автомобилей МАЗ» является проведение анализа и обобщение опыта проектирования и оптимизации конструкций карданных передач для большегрузных автомобилей различных колёсных формул, определение направлений работ по повышению надёжности узла промежуточной опоры, в том числе её лимитирующего элемента - шлицевого конца. Также в цель исследования статьи входит определения наиболее адекватных нагрузочных режимов, поиск путей повышения достоверности методик расчётов и испытаний карданных передач.

#### Основная часть

Открытое акционерное общество «Минский автомобильный завод» выпускает широкую линейку грузовой техники, среди которой особое внимание уделяется автомобилям-самосвалам с задней разгрузкой МАЗ-650118 (рис. 1).

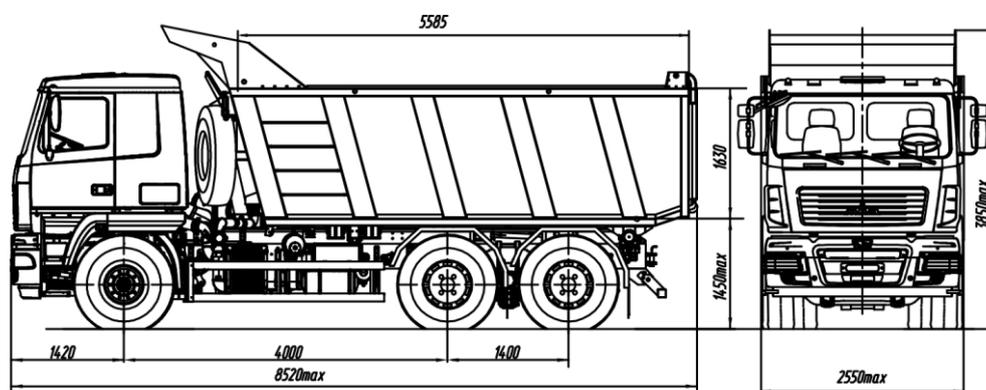


Рис. 1. Автомобиль МАЗ-650118

Эти машины грузоподъёмностью до 20 тонн предназначены для перевозки сыпучих промышленных и строительных грузов как по автомобильным дорогам, так и для эксплуатации в условиях бездорожья. Автомобили МАЗ-650118 имеют колёсную формулу 6×4 и уровень их совершенства во многом определяется надёжностью агрегатов трансмиссии, среди которых особое место занимает карданная передача привода среднего моста.

Карданная передача 650118-2205006-001 для данного транспортного средства спроектирована в научно-техническом центре Открытого акционерного общества ОАО «Белкард», г. Гродно, при этом производство компонента изначально было освоено на базе карданной передачи 63031—2205006-22, серийно выпускаемой предприятием (рис. 2). Самосвалы МАЗ-650118 хорошо зарекомендовали себя в Российской Федерации и в Республике Беларусь, в том числе на строительстве Петриковского ГОК, однако на определённом этапе карданная передача среднего моста оказалась «слабым звеном».

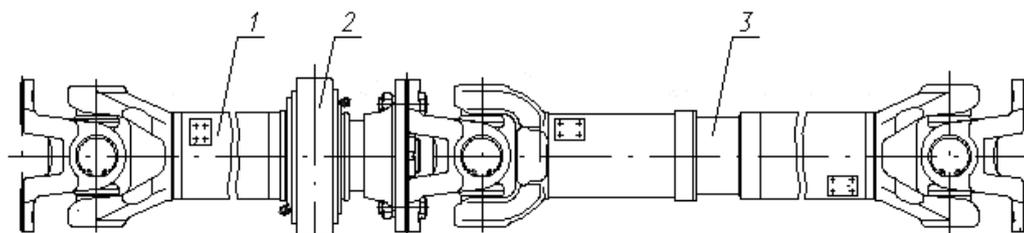


Рис. 2. Карданная передача грузовых автомобилей МАЗ-650118:

1 - промежуточный карданный вал; 2 – промежуточная опора; 3 – основной карданный вал.

Самосвалы МАЗ-650118 хорошо зарекомендовали себя в Российской Федерации и в Республике Беларусь, в том числе на строительстве Петриковского ГОК, однако на определённом этапе карданная передача среднего моста оказалась «слабым звеном».

На начальном этапе производства и эксплуатации автомобилей МАЗ-650118 отказы по рассматриваемому агрегату не отмечались. Однако после внедрения комплектации автомобилей с применением на них двигателей «Mercedes» с увеличенным крутящим моментом взамен силовых агрегатов ОАО «Ярославский моторный завод» возникли серьёзные проблемы, связанные с низкой надёжностью карданных передач 650118-2205006-001, которые выразились в поломке в гарантийный период шлицевого конца 63031-2202020 узла промежуточной опоры (рис. 3).

Поломка детали происходила на участке шлицев D16×56×65 ГОСТ 1139-80, при этом дефект был связан с массовыми рекламационными претензиями потребителя, а его устранение требовало достаточно высокой трудоёмкости ремонта машин (рис. 4).

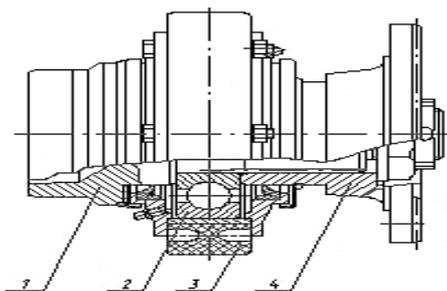


Рис. 3. Промежуточная опора карданной передачи 650118-2205006-001: 1 – шлицевый конец; 2 – шариковый подшипник; 3 – резиновый виброизолятор; 4 – соединительный фланец

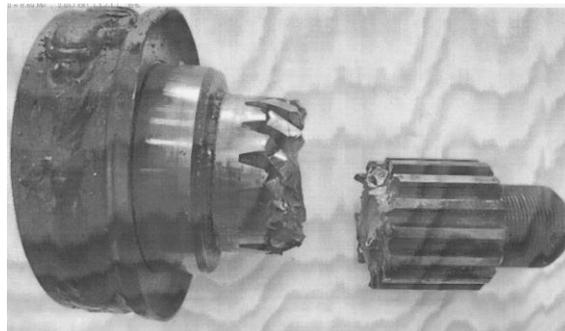


Рис. 4. Характерное разрушение шлицевого конца карданной передачи

С целью определения коренной причины отказа был проведен комплекс мероприятий по проверке качества изготовления и соответствия шлицевых концов требованиям конструкторско-технологической документации. В том числе, в центральной заводской лаборатории ОАО «Белкард», г. Гродно и в центральной заводской лаборатории главного металлурга ОАО «МАЗ» были проведены исследования микроструктуры, твёрдости и толщины закалённого слоя на фрагментах образцов разрушенных деталей. Исследования выполнялись в соответствии с требованиями СТБ 2307-2013 «Поверхностно-упрочнённые слои металлических деталей. Методы измерения толщины» и ГОСТ 9013-59 «Металлы. Метод измерения твёрдости по Роквеллу». При проведении работ применялось стандартно используемое испытательное оборудование и средства измерения (табл. 1).

Таблица 1. Испытательное оборудование и средства измерения

Наименование испытательного оборудования и средств измерений	Тип (марка)
Микроскоп	МИ-1
Микроскоп отсчётный	МПБ-2
Твердомер	ТК-2М
Гигрометр психометрический	ВИТ-1
Автоматический микротвердомер	LM 700 AM

Совместно проведенные исследования не выявили значительных отклонений от требований конструкторско-технологической документации (табл. 2).

Таблица 2. Результаты исследования

Глубина закалённого слоя	Металлографический метод	11,0...11,8
	Метод по заданной условной твёрдости	10,8...11,7
Твёрдость поверхности шлица, HRC		50...54
Твёрдость сердцевины, HB		229...255
Микроструктура закалённого ТВЧ слоя		мартенсит мелкоигольчатый, мартенсит среднеигольчатый, троостомартенсит

Шлифы для металлографического исследования вырезались по шлицевой части с выходом на место разрушения (рис. 5).

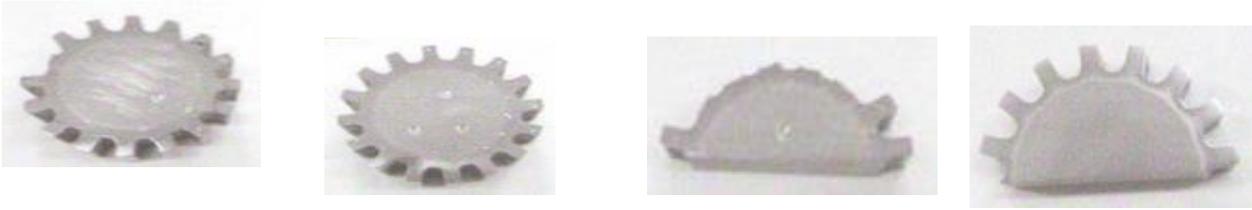


Рис. 5. Шлифы для исследования

В плоскости шлифа по границе разрушения структурных различий при проведении исследований не наблюдалось. Помимо металлографических исследований, проводилась проверка химического состава образцов, подвергшихся разрушению (рис. 6).

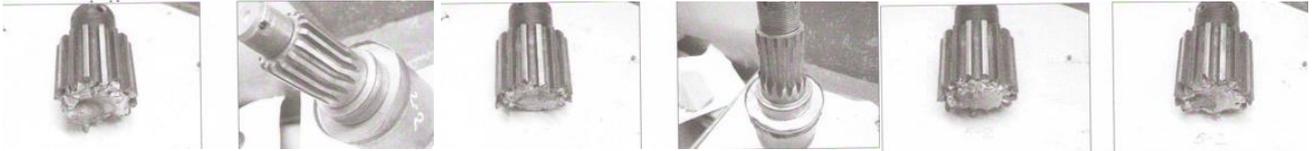


Рис. 6. Образцы разрушенных шлицевых концов

Результаты проверки серьёзных отклонений по химическому составу материала шлицевых концов также не выявили (табл. 3).

Таблица 3. Химический состав образцов, подвергшихся разрушению

№ образца	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
1	0,37	0,20	0,78	0,009	0,011	0,90	0,17	0,30
2	0,37	0,34	0,63	0,13	0,034	0,94	0,12	0,16
3	0,44	0,26	0,68	0,011	0,037	0,90	0,13	0,23
4	0,45	0,26	0,68	0,012	0,040	0,88	0,12	0,22
5	0,40	0,25	0,65	0,010	0,033	0,87	0,12	0,22
6	0,38	0,28	0,67	0,23	0,035	0,89	0,17	0,23

Как показали исследования, совместно проведенные специалистами конструкторских служб ОАО «МАЗ» и ОАО «Белкард», г. Гродно, коренной причиной отказов явилась недостаточная прочность шлицевого конца при работе карданной передачи в условиях возросших динамических нагрузок.

С целью повышения прочности была разработана конструкция шлицевого конца с заменой шлиц D16×56×65 ГОСТ 1139 (16 шлицев с прямобочным профилем) на шлицы 65×2,5 ГОСТ 6033-80 (24 шлица с эвольвентным профилем). Достигнутое за счёт этого увеличение критического диаметра с 50,6 мм до 58 мм позволило повысить расчётную прочность детали при кручении в 1,5 раза (рис. 7).

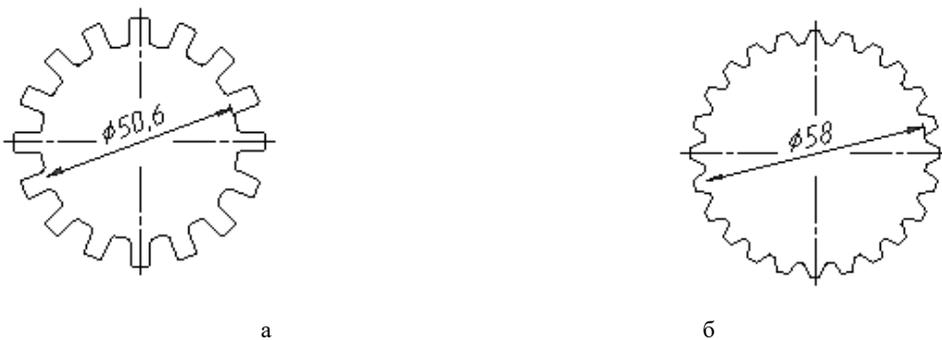


Рис. 7. Профиль шлицевого конца:

а – шлицы с прямобочным профилем; б – шлицы с эвольвентным профилем

Положительные результаты стендовых испытаний подтвердили результативность внедрённого изменения. Одновременно при проведении испытаний была выявлена целесообразность дополнительной оптимизации конструкции в части конфигурации перехода в опасном сечении детали: канавка для выхода шлифовального круга была заменена на радиусное сопряжение (рис. 8).

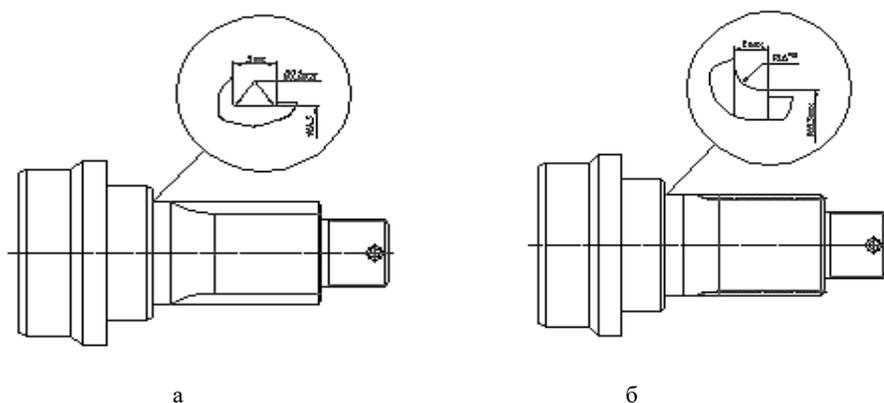


Рис. 8. Изменение конфигурации перехода в опасном сечении: а – канавка; б – радиусный переход

Результаты стендовых испытаний подтвердили правильность принятого решения. Контрольная проверка статической прочности при кручении усиленных карданных передач проводилась на стенде испытательного центра ОАО «МАЗ» (рис. 9).

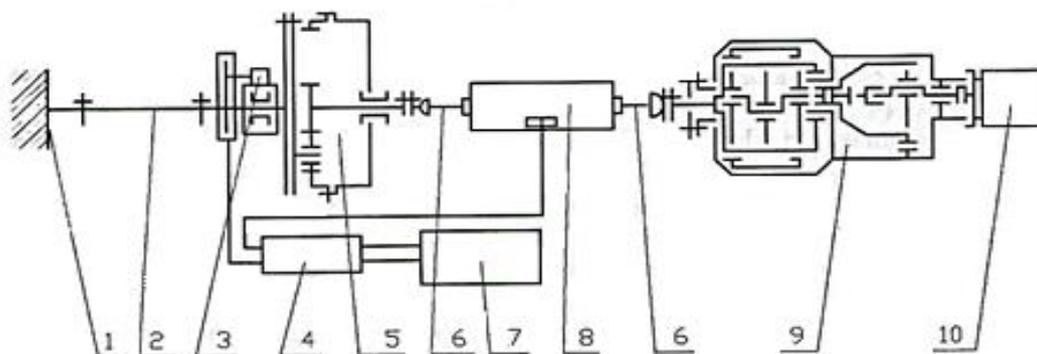


Рис. 9. Схема подключения датчиков и измерительных модулей при испытаниях карданного вала на статическую прочность при кручении: 1 – стойка; 2 – испытуемый карданный вал; 3 – датчик угла поворота; 4 – блок тензоусилителей KWS 501Д; 5 – планетарный редуктор; 6 – карданный вал; 7 – многоканальная измерительная система «DATRON МБЕР-10»; 8 – датчик крутящего момента; 9 – планетарный редуктор; 10 – электродвигатель

Испытания шлицевых концов проводилась в составе промежуточных карданных валов на 3 образцах. Все образцы показали идентичную зависимость величины крутящего момента от угла закручивания карданного вала (рис. 10).

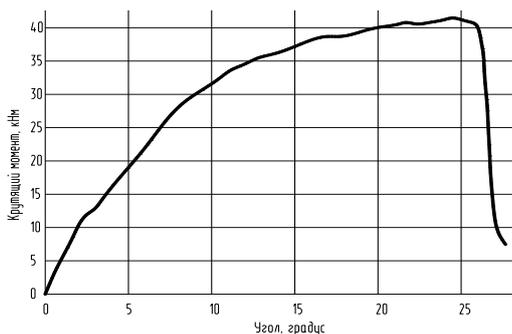


Рис. 10. Типовая зависимость величины крутящего момента от угла закручивания карданного вала

Результаты испытаний в испытательном центре ОАО «МАЗ» показали полное соответствие усиленных карданных валов требованиям конструкторской документации (табл. 4).

Таблица 4. Результаты испытаний на статическую прочность при кручении карданных валов производства ОАО «Белкард», г. Гродно

Номер образца		№1	№2	№3
Предел текучести, кН·м	по КД		22,7 min	
	фактическая	36,2	34,1	37,2
Предел прочности, кН·м	по КД		30,0 min	
	фактическая	41,8	40,5	42,6

Проверка химического состава образцов несоответствий материала шлицевого конца по марке стали также не выявила (табл. 5).

Таблица 5. Химический состав испытанных образцов

Номер образца	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
1	0,38	0,28	0,68	0,009	0,029	0,92	0,28	0,23
2	0,39	0,27	0,70	0,004	0,015	0,93	0,18	0,20
3	0,40	0,27	0,71	0,004	0,018	0,94	0,18	0,20

Шлифы для металлографического исследования вырезались в поперечном сечении по шлицевой части, а также в продольном сечении с выходом на излом. По микрошлифам было установлено, что разрушение произошло вне зоны закалки ТВЧ. Проверка твёрдости и глубины упрочнённого слоя образцов, прошедших испытания, имела положительные результаты (табл. 6).

Таблица 6. Результаты исследования образцов, прошедших испытания

Номер образца	Глубина закалённого слоя ТВЧ, мм	Твёрдость поверхности шлица, HRC	Твёрдость сердцевины, HB
1	10,0	54,5–55,5	255
2	10,0	55,0–56,0	229
3	10,0	54,5–56,0	269

Последующим направлением работ по повышению запаса прочности явилось изменение материала и вида термообработки шлицевого конца: серийная марка материала сталь 40X ГОСТ 4543-2016 с закалкой ТВЧ до твёрдости 46–56 HRC была заменена на хромокремнемарганцовую сталь 35ХГСА ГОСТ 4543-2016 с объёмной закалкой до твёрдости 42–52 HRC (табл. 7).

Таблица 7. Химический состав сталей 40X и 35ХГСА

Марка стали	Массовая доля элементов, %			
	C	Si	Mn	Cr
40X	0,36–0,44	0,17–37	0,50–0,80	0,80–1,10
35ХГСА	0,32–0,39	1,10–1,40	0,80–1,10	1,10–1,40

Результаты стендовых испытаний, проведенных в ОАО «Белкард» г. Гродно, показали, что величина разрушающего крутящего момента для шлицевых концов, изготовленных из стали 35ХГСА, при статическом скручивании составляет 50240...50760 Н·м. Данный показатель, на 20–25 % превышает аналогичную величину для шлицевых концов, изготовленных из стали 40X (рис. 11). При этом характер типового графика нагружения полностью сохраняется (рис. 12).

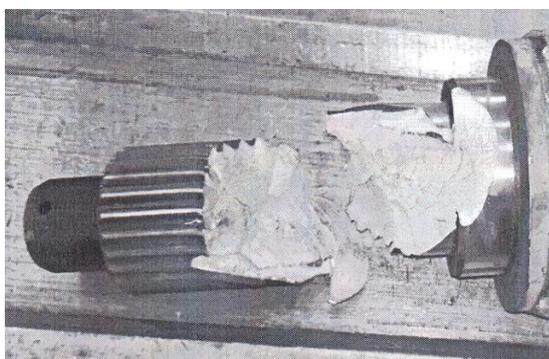


Рис. 11. Шлицевый конец из стали 35ХГСА, разрушенный при статическом скручивании

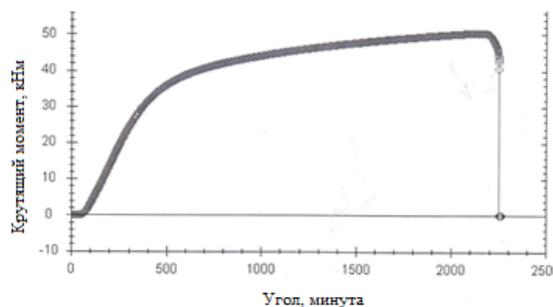


Рис. 12. Типовой график разрушения шлицевых концов из стали 35ХГСА

Проведенные исследования подтверждают, что изменение конструкции, материала и термообработки позволяет обеспечить требуемую прочность и долговечность узла промежуточной опоры карданной передачи.

### Заключение

Таким образом, можно выделить следующие основные направления, реализация которых позволила решить проблему отказов карданных передач производства типа 63031-2205006-22 ОАО «Белкард» г. Гродно для автомобилей МАЗ-650118. Конструкторско-технологическими мероприятиями по повышению надёжности явились применение эвольвентного шлицевого соединения, оптимизация конструкции детали в части снижения негативного воздействия концентратора напряжения, изменение марки материала шлицевого конца в совокупности с использованием нового вида термообработки, повышение технологической дисциплины при выполнении операций механической, термической обработки. Результативность оперативно принятых мер подтверждена в последующей рядовой эксплуатации автомобилей с выходом на нулевой уровень дефектности.

Косвенным результатом проведенных работ стала разработка и применение конструкторской службой ОАО «Белкард» г. Гродно более жёсткой методики расчёта карданных передач, в том числе привода среднего моста, при подборе компонента для транспортного средства. Расчёт основан на опыте фирмы «KLEIN» и предполагает сопоставление крутящего момента, выдерживаемого карданным валом без остаточной деформации с общим крутящим моментом, действующим на карданную передачу. При этом учитываются кинематические и весовые характеристики автомобиля: передаточные числа, сцепной вес, радиус качения колеса, а также используется ряд специальных коэффициентов.

Данная методика не учитывает такие важные факторы, влияющие на долговечность, как угол в шарнире, частота вращения, степень загрузки, влияние загрязнений, температура и условия эксплуатации. Однако, как подтвердила практика, её применение с достаточной достоверностью позволяет прогнозировать работоспособность агрегата, тем самым снижая риск его недостаточной надёжности в составе автомобиля.

Полученный опыт применения комплексного подхода к решению проблемы позволяет провести аналогичные улучшения для карданных передач автомобилей семейства МАЗ-5336, а также применить его в дальнейших разработках автокомпонентов перспективных конструкций.

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Кравченко, В. И. Карданные передачи: конструкции, материалы, применение / В. И. Кравченко, Г. А. Костюкович, В. А. Струк. – Минск: Тэхналогія, 2006. – 409 с.
2. Малаховский, Я. Э. Карданные передачи / Я. Э. Малаховский, А. А. Лапин, Н. К. Веденеев. – М., 1962. – 156 с.
3. Беркер, А. Х. Проектирование универсальных шарниров и ведущих валов / А. Х. Беркер. – Л., 1984. – 464 с.
4. Иванов, С. Н. Трансмиссионные валы нового поколения / С. Н. Иванов // Автомобильная промышленность. – 1998. – № 11. – С. 23–27.
5. Иванов, С. Н. Карданные передачи ведущих валов трансмиссий машин и систем (конструкция, теория, расчёт, испытания, эксплуатация, ремонт) / С. Н. Иванов. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2014. – 232 с.
6. Иванов, С. Н. Анализ изгибающих моментов в карданных шарнирах двухшарнирного карданного вала / С. Н. Иванов, В. П. Мамаев, Р. М. Бояришкова // Вестник машиностроения. – 1982. – №9. – С. 15–18.

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ

П. Ю. МАЛЫШКИН, А. Н. КАРТАШЕВИЧ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: pavelm36@yandex.by

(Поступила в редакцию 10.05. 2023)

*В статье приведены модели сельскохозяйственной техники, работающей на газомоторном топливе, производимые ведущими машиностроительными заводами страны.*

*Описана стратегия применения газового топлива для транспорта агропромышленного комплекса Республики Беларусь, позволяющая снизить эксплуатационные затраты на топливо при эксплуатации машинно-тракторного парка предприятий.*

*В Республике Беларусь, из-за недостаточно развитой инфраструктуры газонаполнительных компрессорных станций, для питания сельскохозяйственной техники предпочтительно, не полностью переводить ее на газовое топливо, а использовать газ как добавку для питания техники имеющей дизельную силовую установку.*

*Представлена методика, проведена оценка экологической и экономической эффективности применения различных видов альтернативных топлив с использованием программы «РЭЭИГГ-ДВС».*

*Объект исследования – дизельный двигатель Д-245.5S2, оснащенный электронной системой впрыска газового топлива во впускной коллектор. Работа двигателя осуществляется на дизельном топливе и СУГ. Работа двигателя на номинальном режиме и настроенной электронной системой впрыска газового топлива, гораздо эффективнее. Суммарный удельный эффективный расход топлива снижается с 223,1 до 219 г/кВт·ч, то есть на 1,8 %, при этом часовой расход дизельного топлива за счет замещения его газовым снижается на 22 %. В итоге такое решение обеспечивает снижение токсичности отработавших газов на 53,6 % и позволяет получить экологический эффект от снижения ущерба, наносимого окружающей среде, в размере 1040,80 руб на 1000 часов. Денежные затраты на топливо снижаются на 4,5 %, а расчетный годовой экономический эффект составляет 2901,15 руб. на 1000 часов работы дизеля.*

**Ключевые слова:** *дизель, газовое топливо, СУГ (сжиженный углеводородный газ), экологический эффект, экономический эффект.*

*The article contains models of agricultural machinery running on gas, produced by the country's leading machine-building plants.*

*The strategy of using gas fuel for transport of the agro-industrial complex of the Republic of Belarus is described, which allows to reduce operating costs on fuel during operation of the machine and tractor park of enterprises.*

*In the Republic of Belarus, due to the insufficiently developed infrastructure of gas-filling compressor stations, it is preferable not to completely transfer it to gas fuel for feeding agricultural equipment, but to use gas as an additive for feeding equipment having a diesel power plant.*

*The methodology was presented, the environmental and economic efficiency of the use of various types of alternative fuels was assessed using the REEIGG-ICE program.*

*The subject of the study is a diesel engine equipped with D-245.5S2 electronic system for injecting gas fuel into the intake manifold. Engine operation is carried out on diesel fuel and LPG. The operation of the engine in rated mode and tuned electronic gas fuel injection system is much more efficient. The total specific effective fuel consumption decreases from 223.1 to 219 g/kWh, that is, by 1.8 %, while the hourly consumption of diesel fuel due to its replacement with gas is reduced by 22 %. As a result, such a solution ensures a decrease in the toxicity of exhaust gases by 53.6 % and allows obtaining an environmental effect from reducing the damage caused to the environment in the amount of 1040.80 rubles for 1000 hours. The cost of fuel is reduced by 4.5 %, and the estimated annual economic effect is 2901.15 rubles. for 1000 hours of diesel operation.*

**Key words:** *diesel engine, gas fuel, LPG (Liquified Petroleum Gas), environmental effect, economic effect.*

### Введение

В Республике Беларусь с каждым годом неуклонно растет потребление дизельного топлива (ДТ) транспортными средствами всех видов экономической деятельности. При этом мировые запасы нефти при текущем потреблении топливно-энергетических ресурсов заметно истощаются. Поэтому одним из актуальных вопросов современности является постепенный переход к применению альтернативных топлив, способных частично и (или) полностью заменить традиционные для питания двигателя внутреннего сгорания (ДВС). В числе таких альтернативных топлив в настоящее время рассматриваются газовые топлива, спирты, водородные, эфиры и др., которые позволяют не только снизить зависимость от импортируемого топлива, но и улучшить экологические показатели двигателей [1].

Применение альтернативных источников энергии интересовало ученых и инженеров-конструкторов на протяжении всего развития и совершенствования ДВС. При этом с каждым годом расширяется сфера применения автотракторной и специальной техники, увеличивается единичная мощность и расширяется сфера применения машин. Конструкции ДВС должны подчиняться совре-

менным требованиям норм по охране окружающей среды. Эти требования касаются как самих двигателей, так и применяемых в них топлив [2].

Целью данного исследования является анализ сферы использования газовых топлив и оценка экологической и экономической эффективности применения их в качестве газомоторного топлива для сельскохозяйственной техники.

### Основная часть

Существенного экономического результата в совершенствовании рабочего процесса ДВС можно добиться, если обеспечить эффективную работу ДВС на дешевых и малоэнергозатратных в производстве видах топлива. Примером такой замены в сфере нефтяных топлив может быть полное и (или) частичное замещение дизельного топлива газовым [2].

Минский тракторный и Минский моторный заводы накопили большой опыт по созданию тракторов и двигателей, работающих на газомоторном топливе. Первыми проектами стали газодизельные варианты БЕЛАРУС-82.1ГД с двигателем ММЗ ГД-243, БЕЛАРУС-92П, БЕЛАРУС-320.4М с двигателем ММЗ-3ЛГД, БЕЛАРУС-1221.2 с двигателем Д-260.2-846, работающие с использованием 30 % дизельного топлива (запальная доза) и 70 % компримированного природного газа (КПГ). Дальнейшее развитие техники привело к созданию газопоршневых моделей БЕЛАРУС-1221.2 с двигателем МТ05.15-50, БЕЛАРУС-1221.3 с двигателем ММЗ-262 и БЕЛАРУС-2022.3 ММЗ-262 CNG/LNG. На ОАО «Гомсельмаш» создан зерноуборочный комбайн КЗС-4118К с газопоршневым двигателем Cummins GSM-ISG12-G-350.

Рассмотренные модели газовой сельскохозяйственной техники в первую очередь ориентированы на российский рынок с широко развитой инфраструктурой газовых заправок природным газом, так как они имеют возможность работать на полностью заправленном модуле КПГ при номинальной нагрузке порядка 6–7 часов.

Для Республики Беларусь применять сельскохозяйственную технику с большим потреблением природного газа, с экономической точки зрения, невыгодно на сегодняшний день, из-за недостаточно развитой инфраструктуры газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), их количество составляет 25 ед., т.е. 2 % от общего количества газозаправочных станций, а для заправки сжиженным углеводородным газом (СУГ) имеется 356 АГЗС [2]. Кроме этого, сжиженный углеводородный газ менее опасен при эксплуатации, так как хранится в баллонах при давлении не более 1,6 МПа, и его можно перевозить автогазовозами на расстояние до 500 км. Основные технико-экономические показатели топлив представлены в табл. 1.

Таблица 1. Технико-экономические показатели топлив [1, 2]

Вид топлива	Низшая теплота сгорания, МДж/кг	Стоимость топлива руб/л (руб/м <sup>3</sup> )	Плотность топлива, кг/м <sup>3</sup>	Стоимость топлива, руб/кг	Удельная стоимость топлива, руб/100 МДж
Природный газ	49,85	1,06	424	2,50	5,02
СУГ	45,81	1,28	542	2,36	5,15
Дизельное топливо	44,5	2,46	750	3,28	7,37
Бензин	42,5	2,46	835	2,95	6,94
Водород	120,1	2,05	89	23,03	19,18
Метанол	18	12,0	796	15,08	83,78

Стоит отметить, что удельная стоимость СУГ на 2,6 % выше, чем природного газа и на 35 % ниже, чем у ДТ. А с учетом распространённости его с уверенностью можно считать одним из наиболее перспективных топлив, на сегодняшний день, для питания самоходной сельскохозяйственной техники.

В Республике Беларусь природный газ (метан) широко используется в качестве газомоторного топлива, для питания техники, работающей по маршруту и имеющей возможности быстро добраться до АГНКС. На нем достаточно эффективно эксплуатируются легковые автомобили, пассажирский автотранспорт, коммунальная, грузовая, специальная техника и даже карьерные самосвалы. Компримированный природный газ (КПГ) не подвергается химической переработке, а только сжимается компрессорами, что значительно удешевляет процесс его производства. Поэтому стоимость ГТ всегда будет ниже нефтяных видов.

При этом, как показали проведенные исследования, для самоходной сельскохозяйственной техники [3–7] добавка СУГ в количестве 20–30 % от ДТ позволяет улучшить топливно-экономические показатели дизеля и не создает трудностей с размещением газовых емкостей на технике, так как не требуется больших запасов СУГ.

В тоже время не требуется значительных средств и времени на переоборудование дизельной техники, находящейся в эксплуатации, для оснащения и настройки газовой системой питания.

Однако в настоящее время не разработано единой методики, позволяющей проводить комплексную оценку сравнительной экономической эффективности применения различных видов альтернативных топлив. Экономический эффект за счет применения разработанной системы подачи газового топлива для дизеля [8] будет обусловлен замещением ДТ газовым топливом и снижением нагрузки на окружающую среду за счет уменьшения выбросов токсичных компонентов с отработавшими газами (ОГ). Материальные затраты при применении системы регулирования в первую очередь связаны с изготовлением, монтажом и обслуживанием системы в процессе эксплуатации двигателя трактора.

Экологический эффект от снижения ущерба, наносимого ОГ окружающей среде, при эксплуатации двигателя с системой подачи газового топлива по сравнению с двигателем без системы можно определить по методике [9], переложенной на алгоритмический язык, по программе «РЭЭИГТ-ДВС» [10], которая подходит для расчета экологической эффективности применения промышленных и природных газов для ДВС. В основе методики [9] заложено снижение токсичности по показателю  $K$ , равному денежным расходам, связанным с применением каждого из методов, отнесенным к 1 % снижения токсичности отработавших газов и рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{C_n}{\eta_i}, \quad (1)$$

где  $C_n$  – стоимость расходов, связанных с применением системы подачи ГТ;  $\eta_i$  – эффективность снижения концентрации  $i$  – го токсичного компонента.

Стоимость расходов, связанных с применением системы подачи газового топлива, рассчитывается по формуле:

$$C_n = a \cdot C_1 + b \cdot \Delta G_T \cdot T + C_2, \quad (2)$$

где  $C_1$  – стоимость системы подачи газового топлива,  $C_1 = 2276,00$  руб;  $a$  – коэффициент годовой сменности устройства, равный годовому пробегу или наработке машины;  $\Delta G_T$  – изменение потребления дизелем топлива, кг/ч;  $T$  – время эксплуатации машины, ч;  $b$  – стоимость 1 кг топлива, руб;  $C_2$  – стоимость эксплуатации, обслуживания и ремонта конструктивных нововведений, руб.

Эффективность снижения концентрации  $i$ -го токсичного компонента рассчитывается по формуле:

$$\eta_i = (C_{i1} - C_{i2}) / C_{i1} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где  $C_{i1}$ ,  $C_{i2}$  – соответственно, концентрации  $i$ -го компонента без применения и с применением метода снижения токсичности, %.

Эффективность применения альтернативного топлива дополнительно можно оценить по снижению экономического ущерба, наносимого народному хозяйству страны загрязнением окружающей среды [9].

Материальный ущерб от загрязнения атмосферы для каждого источника можно определить по формуле:

$$Y = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M, \text{ руб/год}, \quad (4)$$

где  $\gamma$  – относительный коэффициент ущерба, руб /усл. кг;  $\sigma$  – безразмерная величина, как показатель относительной опасности загрязнения воздуха;  $f$  – поправочный коэффициент, учитывающий характер рассеяния примеси в атмосфере, для автотранспорта  $f = 10$ ;  $M$  – приведенная масса годового выброса загрязнений, усл. кг/год.

Приведенная масса годового выброса загрязнений, определяемая по формуле:

$$M = \sum A_i \cdot m_i, \quad (5)$$

где  $A_i$  – показатель относительной агрессивности загрязнений  $i$ -го вида, усл.кг/кг;  $m_i$  – масса годового выброса загрязнений  $i$ -го вида в год, кг/год.

Значение  $A_i$  определяется по формуле:

$$A_i = a_i \cdot a_j \cdot \delta_i, \text{ усл.кг/кг}, \quad (6)$$

где  $a_i$  – показатель относительной опасности присутствия примеси в воздухе, вдыхаемом человеком;  $a_j$  – поправка, учитывающая вероятность накопления исходной примеси или вторичных загрязнителей в компонентах окружающей среды и в цепях питания, а также поступления примеси в организм человека неингаляционным путем;  $\delta_i$  – поправка, учитывающая действие на различные реципиенты, помимо человека.

Принимаем значения постоянных величин и поправок по рекомендации методики [9].

Годовой экономический эффект при эксплуатации двигателя с системой подачи газового топлива по сравнению с двигателем без системы можно определить по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{гз}} = (G_{\text{дтг}} - G_{\text{дт+гг}}) \cdot \mathcal{C}_{\text{дт}} - G_{\text{гг}} \cdot \mathcal{C}_{\text{г}} + \mathcal{Y} - \frac{C_1 \cdot H_{\text{г}}}{T_{\text{р}}} - \mathcal{Z}_{\text{тоир}}, \quad (7)$$

где  $G_{\text{дтг}}$  и  $G_{\text{дт+гг}}$  – годовые расходы ДТ двигателем без системы подачи газового топлива и двигателя, оснащенного системой подачи газового топлива, кг;  $G_{\text{гг}}$  – годовой расход газового топлива двигателем, оснащенного системой подачи газового топлива, кг;  $\mathcal{C}_{\text{дт}}$  и  $\mathcal{C}_{\text{г}}$  – комплексная цена дизельного и газового топлив, руб/кг;  $\mathcal{Y}$  – годовой экологический эффект, руб.;  $C_1$  – балансовая стоимость системы подачи газового топлива, руб.;  $H_{\text{г}}$  – годовая наработка двигателя, ч;  $T_{\text{р}}$  – планируемый ресурс системы подачи газового топлива, ч;  $\mathcal{Z}_{\text{тоир}}$  – повышение затрат на ТО и ремонт, руб.

Повышение затрат на ремонт и ТО рассчитали исходя из стоимости устанавливаемой системы подачи газового топлива:

$$\mathcal{Z}_{\text{тоир}} = \frac{C_{\text{г}} \cdot r_{\text{тр}}}{100}, \quad (8)$$

где  $r_{\text{тр}}$  – норматив затрат на ТО и ремонт техники,  $r_{\text{тр}} = 11,5 \%$ .

Технико-экономические показатели и результаты расчета экономической эффективности применения газового топлива для питания дизеля трактора представлены в табл. 2.

Таблица 2. Технико-экономические показатели и результаты расчета экономической эффективности применения ГТ на дизеле

Показатели	Обозначение	Значение	
		ДТ	ДТ+СУГ
Модель ДВС:		Д-245.5S2	
Номинальная мощность, кВт	$N_e$	70	70
Удельный суммарный расход топлива, г/кВт·ч	$g_e$	223,1	219,0
Балансовая стоимость средства для подачи ГТ $C_1$ , руб.	$C_1$	–	2276
Повышение затрат на ТО и ремонт, руб	$\mathcal{Z}_{\text{тоир}}$	–	26,2
Стоимость расходов, связанных с применением альтернативного топлива, руб	$\mathcal{C}_{\text{п}}$	–	13009,2
Концентрация $NO_x$ в ОГ, ppm	$\mathcal{C}_{NO_x}$	470	490
Концентрация $S$ в ОГ, %	$\mathcal{C}_S$	28,0	13,0
Концентрация $C_nH_m$ в ОГ, ppm	$\mathcal{C}_{C_nH_m}$	5	114
Годовая наработка, ч	$H_{\text{г}}$	1000	1000
Планируемый ресурс, ч	$T_{\text{р}}$	10000	10000
Годовой расход ДТ, кг	$G_{\text{дтг}}$	15900	12670
Годовой расход ГТ, кг	$G_{\text{ггг}}$	–	3204,08
Комплексная цена топлива, руб/кг	$\mathcal{C}$	2,946	2,818
Затраты на топливо, руб	$\mathcal{Z}_{\text{т}}$	46843,11	44729,01
Экономия затрат на топливо, руб		–	2114,11
Экономия удельных затрат на топливо, руб/ч		–	2,11
Эффективность снижения токсичности ОГ для $S$ , %	$\eta_i$	–	53,6
Значение показателя $K$ при снижении $S$ в ОГ, руб/%	$\mathcal{K}$		210,47
Годовой экологический эффект, руб.	$\mathcal{Y}$	–	1040,80
Годовой экономический эффект, руб.	$\mathcal{E}_{\text{гз}}$	–	2901,15

При расчете годового расхода ДТ и ГТ при использовании системы подачи газового топлива учитываем время работы дизеля на номинальном режиме.

Годовой расход ДТ и ГТ при работе дизеля рассчитаем по формуле:

$$G_{\text{дтг}} = G_{\text{дт}} \cdot H_{\text{г}}, \quad (9)$$

$$G_{\text{ггг}} = G_{\text{г}} \cdot H_{\text{г}}, \quad (10)$$

где  $G_{дт}$  – часовой расход ДТ на номинальном режиме при работе дизеля без системы подачи газового топлива, кг/ч;  $G_T$  – расход газа двигателем, оснащенный системой подачи газового топлива, кг/ч.

Применение сжиженного углеводородного газа как добавки для питания дизеля позволяет снизить суммарный удельный эффективный расход топлива с 223,1 до 219 г/кВт·ч, т. е. на 1,8 % и часовой расход дизельного топлива на 22 % при сохранении эффективной мощности. Такое решение обеспечивает снижение токсичности отработавших газов на 53,6 % и позволяет получить экологический эффект от снижения ущерба, наносимого окружающей среде, в размере 1040,80 рублей за 1000 часов работы на номинальном режиме. Кроме этого, снижаются на 4,5 % (2,11 руб/ч) удельные затраты на топливо, а расчетный годовой экономический эффект составляет 2901,15 руб. на 1000 часов работы дизеля.

### **Заключение**

1. Для Республики Беларусь, имеющей более 350 автомобильных газозаправочных станций, целесообразно использовать сжиженный углеводородный газ как добавку для питания дизелей различной промышленной и сельскохозяйственной техники, работающей вблизи АГЗС.

2. Применение СУГ как добавки для питания дизеля, работающего на номинальном режиме, позволяет снизить расход дизельного топлива на 22 %, тем самым снизить денежные затраты на топливо на 4,5 %, или 2,11 руб/ч, при стоимости дизельного и газового топлива 2,46 и 1,28 рубля за литр соответственно.

3. Годовой экономический эффект от применения газового топлива составил 2901,15 рубля в расчете на 1000 ч работы дизеля, из которых экологический эффект составляет 1040,80 рублей.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Альтернативные виды топлива для двигателей: монография / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – 376 с.
2. Газовые заправки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belarusinfo.by> – Дата доступа: 1.05.2023.
3. Карташевич, А. Н. Влияние подачи газового топлива на экологические показатели дизеля / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин // Вестник БГСХА. – 2013. – №3. – С. 110–115.
4. Карташевич, А. Н. Исследование эксплуатационных и экологических показателей колесного трактора с подачей газового топлива / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин // Вестник БарГУ. Барановичи. – 2014. – №1. – С. 65–68.
5. Карташевич, А. Н. Улучшение энергетических свойств колесного трактора при работе на смешанном дизельно-газовом топливе / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин // Агропанорама. – 2020. – № 4 – С. 36–40.
6. Малышкин, П. Ю. Оптимизация подачи газового топлива для тракторного дизеля / П. Ю. Малышкин // Вестник БГСХА. – 2022. – № 4. – С. 168–172.
7. Исследования тракторного дизеля при подаче газа с использованием планирования эксперимента / П. Ю. Малышкин, А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, М. В. Симонов // Вестник БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 239–243.
8. Электронная система впрыска газового топлива в дизель: пат. 10060 Респ. Беларусь, МПК F 02M 43/00 / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин, заявитель Белорус. гос. с-х. академия. № u 20130295; заявл. 05.04.2013; опубл.: 30.04.2014. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. № 2 – С. 150.
9. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды / А. С. Быстров, В. В. Баранкин, М. А. Виленский [и др.]. – М.: Экономика, 1986. – 96 с.
10. Плотников, С. А. Расчет экономической эффективности использования генераторного газа в ДВС («РЭЭИГГ-ДВС») / С. А. Плотников, Ю. В. Ланских, В. А. Подгорный, А. С. Зубакин, П. Ю. Малышкин // Свидетельство об офиц. регистр. прогн. для ЭВМ № 2018618558 от 16.07.2018.

## МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

УДК 332.3:631.115.1 (476)

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ И КРЕСТЬЯНСКИМИ (ФЕРМЕРСКИМИ) ХОЗЯЙСТВАМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

И. М. ШВЕД, Е. В. ПШИБЫШ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: kaf.zem@mail.ru

(Поступила в редакцию 21.02.2023)

Актуальным для агробизнеса Республики Беларусь является сохранение земельных ресурсов, эффективное их использование. В статье приведены результаты анализа данных государственного земельного кадастра, на основании анализа которых в изменении структуры земельных ресурсов по видам земель прослеживаются определенные устойчивые многолетние тенденции. Наблюдается увеличение площади, занятой лесными землями и землями под древесно-кустарниковой растительностью, сокращение площади сельскохозяйственных земель, предоставленных сельскохозяйственным организациям. Сельскохозяйственная освоенность территории Республики Беларусь достаточно высокая, хотя наблюдается тенденция постепенного снижения этого показателя. В структуре сельскохозяйственных земель преобладают пахотные и луговые земли, при этом площади пахотных земель увеличиваются, луговых и земель под постоянными культурами сокращается. Для других видов земель, предоставленных сельскохозяйственным организациям также прослеживаются определенные тенденции в динамике. Выявлена устойчивая тенденция увеличения количества крестьянских (фермерских) хозяйств и их общей площади, в том числе площади сельскохозяйственных земель. В перспективе крестьянские (фермерские) хозяйства следует рассматривать как субъекты агробизнеса, способных обеспечить эффективное использование земельных ресурсов.

Результаты исследований доказывают, что для повышения эффективности использования и охраны земель необходимо постоянно проводить работы по оптимизации земель, работы по вовлечению в хозяйственный оборот потенциально плодородных неиспользуемых и неэффективно используемых земель, раскорчевке древесно-кустарниковой растительности на сельскохозяйственных землях сельскохозяйственного назначения.

**Ключевые слова:** земельные ресурсы, эффективность, виды земель, структура, земельный кадастр.

Relevant for the agribusiness of the Republic of Belarus is the conservation of land resources, their efficient use. The article presents the results of the analysis of data from the state land cadastre. Based on the analysis of which certain stable long-term trends can be traced in the change in the structure of land resources by types of land. There is an increase in the area occupied by forest lands and lands under tree and shrub vegetation, a decrease in the area of agricultural land provided to agricultural organizations. The agricultural development of the territory of the Republic of Belarus is quite high, although there is a tendency for a gradual decrease in this indicator. The structure of agricultural land is dominated by arable and meadow land, while the area of arable land is increasing, meadow and land under permanent crops is decreasing. For other types of land provided to agricultural organizations, there are also certain trends in dynamics.

A steady trend of increasing the number of peasant (farmer) households and their total area, including the area of agricultural land, has been revealed. In the future, peasant (farm) enterprises should be considered as agribusiness entities capable of ensuring the efficient use of land resources.

The results of the research prove that in order to improve the efficiency of land use and protection, it is necessary to constantly carry out land optimization work, work to involve potentially fertile unused and inefficiently used lands in economic circulation, uprooting tree and shrub vegetation on agricultural land for agricultural purposes.

**Key words:** land resources, efficiency, land types, structure, land cadastre.

#### Введение

Работы по землеустройству направлены на повышение эффективности использования и охраны земель в соответствии с их назначением, местоположением, качественными, технологическими характеристиками и другими свойствами. При этом соблюдается приоритет использования земель сельскохозяйственного назначения, земель природоохранного, оздоровительного, рекреационного, историко-культурного назначения, лесных земель лесного фонда для целей, связанных с назначением этих земель. В результате исследований проанализированы данные государственного земельного кадастра за 2003–2022 гг., представлена структура земельных ресурсов по категориям землепользователей, определены устойчивые многолетние тенденции изменения площади земель, предоставленные сельскохозяйственным организациям и крестьянским (фермерским) хозяйствам по видам.

Целью исследования является изучение изменений состава, структуры, состояния земельных ресурсов, распределения земель по категориям землепользователей и видам земель.

### Основная часть

Использование земель по основному виду хозяйственной (экономической) деятельности на земле и цели предоставления земельных участков на 1 января 2003 г. и 2022 г. представлены в табл. 1 [1].

Таблица 1. Наличие и распределение земель по категориям землепользователей

№ п/п	Наименование категорий и землепользователей	Количество землепользователей	Общая площадь земель, тыс. га	Структура, %	2003 г.		2022 г.		Изменения +-% в 2022 к 2003 г.
					Количество землепользователей	Общая площадь земель, тыс. га	Количество землепользователей	Общая площадь земель, тыс. га	
1	Сельскохозяйственные организации	3108	8717	42,0	2527	8729	42,0	0,0	
2	Крестьянские (фермерские) хозяйства	2318	171	0,8	3414	339	1,6	0,8	
3	Граждане	2 701 031	1319	6,4	2 913 950	802	3,9	-2,5	
4	Промышленные организации	3420	75	0,4	2090	56	0,3	-0,1	
5	Организации железнодорожного транспорта	265	56	0,3	252	48	0,2	0,0	
6	Организации автомобильного транспорта	842	147	0,7	551	160	0,8	0,1	
7	Организации обороны	323	306	1,5	206	88	0,4	-1,1	
8	Организации связи, энергетики и иного назначения	33 669	107	0,5	55 295	205	1,0	0,5	
9	Организации природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения	90	876	4,2	965	869	4,2	0,0	
10	Государственные лесохозяйственные организации	112	8 240	39,7	265	8 806	42,4	2,7	
11	Организации, эксплуатирующие и обслуживающие гидротехнические и другие водохозяйственные сооружения	80	40	0,2	80	37	0,2	0,0	
12	Земельные участки, не предоставленные во владение и пользование и не переданные в собственность	34 496	705	3,4	27 301	624	3,0	-0,4	
Итого земель		2 779 754	20 760	100	3 006 896	20 763	100		

В структуре земель по категориям землепользователей по данным государственного земельного кадастра на 1 января 2022 г. наибольшие площади в структуре земель по категориям землепользователей предоставлены сельскохозяйственным организациям, для ведения сельского хозяйства 42 % и государственным лесохозяйственным организациям, ведущим лесное хозяйство, предоставленных им для ведения лесного хозяйства – 42 %. Площадь земель, предоставленная для ведения крестьянского (фермерского) хозяйства, составляет 2 %.

По сравнению с 2003 г. площадь земель, предоставленная для сельскохозяйственным организациям, для ведения сельского хозяйства не изменилась. Отмечено увеличение площади земель, предоставленных для ведения крестьянского (фермерского) хозяйства, на 167,6 тыс. га, или 0,8 %. Также отмечено увеличение площади земель, предоставленных государственным лесохозяйственным организациям, ведущим лесное хозяйство, на 566 тыс. га, или 2 %. К производителям продукции сельского хозяйства относятся: сельскохозяйственные организации, крестьянские (фермерские) хозяйства, а также хозяйства населения. На 1 января 2022 г. зарегистрировано 2 527 землепользований сельскохозяйственных организаций и 3 414 крестьянских (фермерских) хозяйств, им предоставлено 8 729 и 339 тыс. га соответственно. Экспликация и структура земель по видам в сельскохозяйственных организациях и крестьянских (фермерских) хозяйствах на 1 января 2022 г. представлены в табл. 2.

Таблица 2. Экспликация земель и их структура

Виды земель	Сельскохозяйственные организации			Крестьянские (фермерские) хозяйства		
	Площадь, тыс. га	В процентах		Площадь, тыс. га	В процентах	
		от общей площади землепользования	от площади сельскохозяйственных земель		от общей площади землепользования	от площади сельскохозяйственных земель
Пахотные	4966,2	56,9	68,5	198,6	58,6	69,5
Земли под постоянными культурами	29,6	0,3	0,4	7,1	2,1	2,5
Луговые земли	2249,1	25,8	31,0	80,0	23,6	28,0
Луговые земли улучшенные	1650,6	18,9	22,8	53,5	15,8	18,7
Итого сельскохозяйственных земель	7244,9	83,0	100	285,7	84,3	100
Земли под древесно-кустарниковой растительностью	726	8,3		31,4	9,3	
Земли под болотами	209,7	2,4		6,5	1,9	
Земли под водными объектами	188,6	2,2		4,9	1,4	
Земли под дорогами и иными транспортными коммуникациями	54,4	0,6		1,4	0,4	
Земли общего пользования	0,6	0,0		0	0,0	
Земли под застройкой	106,3	1,2		2,6	0,8	
Нарушенные земли	0,2	0,0		0,0	0,0	
Неиспользуемые земли	169,7	1,9		5,7	1,7	
Иные земли	28,1	0,3		0,6	0,2	
Всего земель	8728,5	100		338,8	100	

Можно отметить, что за период с 2003 г. по 2020 г. наблюдалось уменьшение количества землепользователей сельскохозяйственных организаций с 3 346 до 2 073 ед., в среднем на 48 ед. в год, однако в 2021 и 2022 гг. их количество возросло до 2 537 ед. Количество землепользований крестьянских (фермерских) хозяйств увеличивалось с 2 493 до 3 414 ед., в среднем на 48 ед. в год. За исследуемый период общая площадь земель, предоставленная сельскохозяйственным организациям с 2003 г., увеличилась с 8 661,1 тыс. га до 8 992,8 тыс. га в 2011 г. а затем уменьшилась до 8 728,5 тыс. га в 2022 г. Общая площадь земель, предоставленная крестьянским (фермерским) хозяйствам, с 2003 г. увеличилась с 197,7 тыс. га до 338,8 тыс. га в 2022 г.

Средняя площадь землепользования сельскохозяйственной организации колебалась от 2558,5 га до 4 305,9 и в 2022 г. составила 3 454,1 га, в том числе: сельскохозяйственных – 2 867 га, пахотных – 1 965 гектара.

Наименьшая средняя площадь землепользования крестьянского (фермерского) хозяйства составила 59,2 га в 2008 г. наибольшая в 2022 г. – 99,2 га. На 1 января 2022 года в среднем на одно крестьянское (фермерское) хозяйство приходится 84 га сельскохозяйственных земель, пахотных – 58 га.

Сельскохозяйственная освоенность территории Республики Беларусь достаточно высокая, хотя наблюдается тенденция постепенного снижения этого показателя. По состоянию на 1 января 2003 г. сельскохозяйственная освоенность земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств составила 85 и 87 %, по состоянию на 1 января 2022 г. данный показатель постепенно снизился и составил 83 и 84 %. По состоянию на 1 января 2022 г. распаханность территории сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств с составила 57 и 59 % соответственно, распаханность сельскохозяйственных земель оставила 69 и 70 % соответственно.

В изменении структуры земельных ресурсов Республики Беларусь по видам земель за последние двадцать лет прослеживаются определенные тенденции.

Наблюдается тенденция сокращения площади сельскохозяйственных земель, предоставленных сельскохозяйственным организациям в течение последних десяти лет с 7 673,4 тыс. га, в 2011 г. она сократилась на 422,2 тыс. га и составила 7 244,9 тыс. га в 2022 г. Площади сельскохозяйственных земель предоставленных крестьянским (фермерским) хозяйствам в течение двадцати лет постепенно с небольшими колебаниями увеличивались с 130,5 тыс. га в 2003 г. до 285,7 тыс. га в 2022 г. (рис. 1).

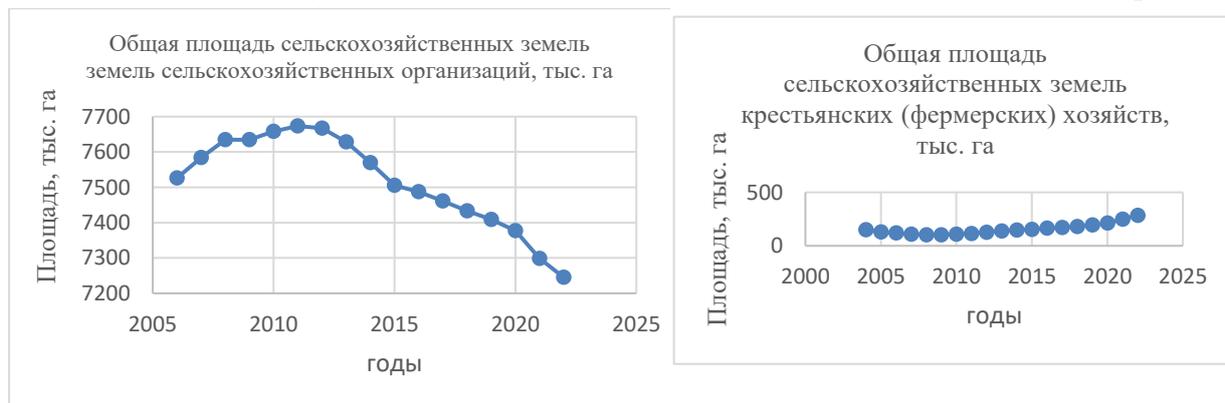


Рис. 1. Динамика изменения сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств

В структуре сельскохозяйственных земель преобладают пахотные и луговые земли. В связи с проведением работ по перераспределению земель, оптимизации землепользований, выявлению и вовлечению в сельскохозяйственный оборот новых земель, повышению интенсивности их использования в течении последних двадцати лет наблюдается значительное увеличение площади пахотных земель (в среднем на 30 тыс. га в год в сельскохозяйственных организациях или на 545 тыс. га по сравнению с 2003 г. и на 4,7 тыс. га в год в крестьянских (фермерских) хозяйствах или 89,8 тыс. га). При этом в сельскохозяйственных организациях зафиксировано уменьшение площади луговых земель (в среднем на 32 тыс. га в год т. ч. улучшенных 22 тыс. га в год) и земель под постоянными культурами (0,8 тыс. га в год).

В отличии от сельскохозяйственных организаций в крестьянских (фермерских) хозяйствах отмечено увеличение площадей луговых земель в 2022 г. по сравнению с 2003 г. на 34,8 тыс. га, т. ч. улучшенных – на 21,2 тыс. га (в среднем на 1,8 тыс. га в год т. ч. улучшенных 1,1 тыс. га в год) и земель под постоянными культурами – на 6 тыс. га (0,3 тыс. га в год).

За последние двадцать лет наблюдается многолетняя тенденция увеличения площади земель под древесно-кустарниковой растительностью (в 2,3 раза по сравнению с 2003 г. в сельскохозяйственных

организациях в среднем на 22 тыс. га в год, что составило 412,4 тыс. га и 1,2 тыс. в год в крестьянских (фермерских) хозяйствах –22,7 тыс. га) (рис. 2).



Рис. 2. Динамика изменения земель под древесно-кустарниковой растительностью сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств

Для других видов земель, предоставленных сельскохозяйственным организациям, также прослеживаются определенные тенденции в динамике. По данным государственного земельного кадастра в последние двадцать лет наблюдается постепенное сокращение площади земель под болотами (в среднем на 4,3 тыс. га в год или на 81 тыс. га по сравнению с 2003 г.). Наблюдается многолетняя тенденция уменьшения площади земель под дорогами и иными транспортными коммуникациями (в среднем на 2,1 тыс. га в год или на 40,3 тыс. га по сравнению с 2003 г.), земель общего пользования (в среднем на 400 га в год или на 8,1 тыс. га), земель под застройкой (в среднем на 1,8 тыс. га в год или на 35 тыс. га). Прослеживается уменьшение общей площади нарушенных (в среднем на 100 га в год или на 1,3 тыс. га), неиспользуемых в среднем на 100 га в год или на 1,3 тыс. га) и иных земель (в среднем на 600 га в год или на 12,3 тыс. га).

Земельные участки сельскохозяйственного назначения не подлежат предоставлению в частную собственность, собственность иностранных государств, международных организаций, поэтому земли сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств находятся в государственной собственности [2].

Земельные участки предоставляются сельскохозяйственным организациям, в том числе крестьянским (фермерским) хозяйствам, иным организациям – для ведения сельского хозяйства, в том числе крестьянского (фермерского) хозяйства без проведения аукциона. Земельные участки из земель сельскохозяйственного назначения предоставляются сельскохозяйственным организациям, в том числе крестьянским (фермерским) хозяйствам, иным организациям для ведения сельского хозяйства, в том числе крестьянского (фермерского) хозяйства, а также для ведения подсобного сельского хозяйства, научным организациям, учреждениям образования – для исследовательских и (или) учебных целей в области сельского либо лесного хозяйства по их выбору в постоянное или временное пользование либо аренду.

Земельные участки из земель сельскохозяйственного назначения предоставляются гражданам Республики Беларусь в пожизненное наследуемое владение или аренду для ведения крестьянского (фермерского) хозяйства, иностранным гражданам и лицам без гражданства – в аренду для ведения крестьянского (фермерского) хозяйства.

Сельскохозяйственным организациям в постоянное пользование предоставлено 96,3 % земель, во временное пользование – 2,1, арендуемых – 1,7 %. В крестьянских (фермерских) хозяйствах в пожизненном наследуемом владении находится 22,6 %, в постоянном пользовании – 61,9, во временном пользовании – 1,4, арендуемых – 14,1 % (рис. 3). Наметилась тенденция увеличения площади земель, предоставленных во временное пользование сельскохозяйственным организациям и в постоянное пользование крестьянским (фермерским) хозяйствам.

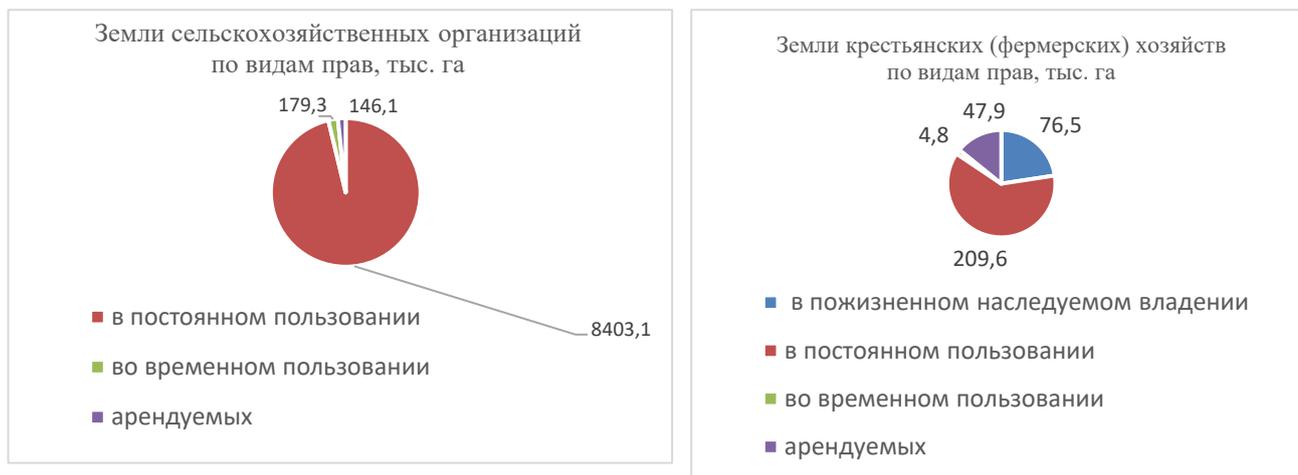


Рис. 3. Структура земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств по видам прав

### Заключение

Сельскохозяйственные организации и организации, ведущие лесное хозяйство являются основными землепользователями в Республике Беларусь.

В изменении структуры земель сельскохозяйственных организаций прослеживаются определенные устойчивые многолетние тенденции. Наблюдается увеличения площади, занятой лесными землями и землями под древесно-кустарниковой растительностью, сокращения площади сельскохозяйственных земель, предоставленных сельскохозяйственным организациям.

Сельскохозяйственная освоенность территории достаточно высокая (85 %), хотя наблюдается тенденция постепенного снижения этого показателя. В структуре сельскохозяйственных земель преобладают пахотные и луговые земли, при этом площади пахотных земель увеличиваются, луговых и земель под постоянными культурами сокращается.

Для других видов земель, предоставленных сельскохозяйственным организациям также прослеживаются определенные тенденции в динамике. По данным государственного земельного кадастра в последние двадцать лет наблюдается постепенное сокращение их площади.

Актуальным вопросом для эффективного использования земель является сохранение сельскохозяйственных земель, повышение интенсивности их использования в экологически допустимых пределах. В настоящее время продолжают работы по вовлечению в хозяйственный оборот потенциально плодородных неиспользуемых и неэффективно используемых земель, раскорчевке древесно-кустарниковой растительности на сельскохозяйственных землях сельскохозяйственного назначения.

В Республике Беларусь выявлена устойчивая тенденция увеличения количества крестьянских (фермерских) хозяйств и их общей площади, в том числе площади сельскохозяйственных земель. Крестьянские (фермерские) хозяйства в перспективе следует рассматривать как субъектов агробизнеса, способных обеспечить эффективное использование земель.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.gki.gov.by/ru/activity\\_branches-land-reestr](http://www.gki.gov.by/ru/activity_branches-land-reestr) – Дата доступа: 17.03.2022.
2. Кодекс Республики Беларусь о земле 23 июля 2008 г. № 425-3. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/farmer/kfh/ab3592c466957515.html>.
3. Сельское хозяйство Республики Беларусь / Статистический буклет – Минск – 2022 – 36 с. Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2022 E-mail: [belstat@belstat.gov.by](mailto:belstat@belstat.gov.by) – Дата доступа: 04.01.2023.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАЛИЧИЯ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Т. А. ЗАПРУДСКАЯ, С. М. КОМЛЕВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

Е. В. ГОРБАЧЁВА

Государственное предприятие «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь, 220108

(Поступила в редакцию 17.04.2023)

Вопросам использования мелиорированных земель во всех странах мира уделяется особое внимание, так как они представляют собой важнейший ресурс не только для обеспечения населения продуктами питания, но и для оптимального социально-экономического развития как отдельных сельских территорий, так и целых регионов. Заметим, что более трети сельскохозяйственных земель на территории Республика Беларусь, которые вовлечены в процесс решения проблемы продовольственной безопасности и стабилизации экономического развития страны, относятся к мелиорированным. Государство отводит ключевую роль вопросам использования данных земель, поддержанию в актуальном состоянии мелиоративных систем, их технической исправности и нормальной работоспособности, что находит отражение не только в принятых нормативных правовых актах, но и в ряде программных и прогнозных документов, решающих вопросы социально-экономического развития страны и отдельных регионов. В статье приведены результаты исследований использования мелиорированных сельскохозяйственных земель в Минской области, выполнен анализ их наличия и структуры в разрезе административных районов, а также определена эффективность землепользования в 154 сельскохозяйственных организациях региона, входящих в систему Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Выявлено, что наибольшие площади мелиорированных земель сосредоточены в Любанском (67,8 %), Стародорожском (58,9 %) и Солигорском (55,6 %) районах; в структуре пахотных земель осушенные земли занимают 24,5 % площади, а среди луговых – 64,1 %, при этом 69,5 % удельного веса орошаемых земель приходится на луговые земли. Выполненная группировка выборки хозяйств по удельному весу осушенных и орошаемых земель в общей площади сельскохозяйственных, показала снижение значений итоговых показателей развития производства сельхозорганизаций с увеличением удельного веса мелиорированных земель в общей площади хозяйств. При этом отмечается, что почвенное плодородие во всех группах хозяйств находится на достаточно высоком уровне. Данные обстоятельства в целом указывают на проблемы эффективного сельскохозяйственного землепользования в предприятиях, имеющих более высокую долю мелиорированных земель.

**Ключевые слова:** мелиорация, осушенные земли, орошаемые земли, сельскохозяйственные организации, законодательные акты, группировка хозяйств, мелиоративные системы, структура земель, эффективность производства.

The issues of using reclaimed lands in all countries of the world are given special attention, as they represent the most important resource not only for providing the population with food, but also for the optimal socio-economic development of both individual rural areas and entire regions. It should be noted that more than a third of agricultural lands in the territory of the Republic of Belarus are reclaimed, they are involved in the process of solving the problem of food security and stabilizing the economic development of the country. The state assigns a key role to the issues of using these lands, maintaining the current state of reclamation systems, their technical serviceability and normal performance, which is reflected not only in the adopted regulatory legal acts, but also in a number of program and forecast documents that address issues of the country's socio-economic development and development of individual regions. The article presents the results of research on the use of reclaimed agricultural land in the Minsk region, an analysis of its availability and structure in the context of administrative districts, and also determines the efficiency of land use in 154 agricultural organizations in the region that are part of the system of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus. It was revealed that the largest areas of reclaimed land are concentrated in Luban (67.8 %), Starodorzhsy (58.9 %) and Soligorsk (55.6 %) districts; in the structure of arable lands, drained lands occupy 24.5 % of the area, and among meadow lands – 64.1 %, while 69.5 % of the share of irrigated lands falls on meadow lands. The performed grouping of the sample of farms according to the share of drained and irrigated lands in the total agricultural area showed a decrease in the values of the final indicators of the development of the production of agricultural organizations with an increase in the share of reclaimed lands in the total area of farms. At the same time, it is noted that soil fertility in all groups of farms is at a fairly high level. These circumstances generally point to the problems of efficient agricultural land use in enterprises with a higher proportion of reclaimed land.

**Key words:** melioration, drained lands, irrigated lands, agricultural organizations, legislative acts, grouping of farms, reclamation systems, land structure, production efficiency.

### Введение

Проблема обеспечения продовольственной безопасности весьма актуальна во всех странах мира. Важнейшим фактором для ее решения является наличие пригодных для аграрного производства земель, площади которых, как известно, ограничены. По мере возрастания спроса на сельскохозяйственную продукцию в оборот вовлекаются земли, не всегда наилучшим образом пригодные для вы-

рацивания культивируемых растений и выпаса животных. При этом затраты на их окультуривание и поддержание достигнутого уровня плодородия достаточно высоки. В этой связи проблема сохранения и эффективного использования мелиорированных земель является в значительной степени актуальной. Об этом свидетельствует и то, что во всех странах, где проведены мелиоративные работы, включая и Республику Беларусь, таким землям уделяется повышенное внимание [1].

По данным Государственного комитета по имуществу на 01.01.2022 г. в Беларуси на долю мелиорированных сельскохозяйственных земель приходилось 35 % (2836,4 тыс. га из них осушенные и 28,6 тыс. га – орошаемые) [2], т.е. более трети из них были вовлечены в сельскохозяйственный оборот в результате планомерной и последовательной деятельности по их освоению и окультуриванию.

Следует отметить, что в естественном состоянии почвы этих земель обладали достаточно низким плодородием или были непригодны для сельскохозяйственного использования. Как показывают результаты исследований отечественных ученых, продуктивность мелиорированных земель на 60–80 % зависит от антропогенного фактора, и при этом важно иметь в виду, что на мелиорацию земель в республике были затрачены значительные средства (около 7,5 млрд долларов) [3]. Мелиорация повлияла не только на возможность использования большего количества земель для производства сельскохозяйственной продукции, но и на самые разнообразные стороны жизни населения регионов, где она проводилась (строительство дорожной сети, развитие сельских территорий и т.п.).

При организации эффективного использования мелиорированных земель следует иметь в виду, что помимо всех сложностей, связанных с сельскохозяйственным землепользованием в целом, здесь возникают и специфические проблемы. Так, качественные показатели этих земель во многом определяются состоянием водорегулирующей сети, которая имеет свой срок службы и требует постоянного надлежащего ухода, а в противном случае снижается не только производительная способность почв, но и возникают случаи вторичного заболачивания и подтопления прилегающей местности. При неправильной эксплуатации осушенных земель с торфяными почвами развиваются процессы минерализации органического вещества, сработки торфяников и, соответственно, происходит снижение почвенного плодородия, изменение условий воздушно-водного режима и т.д. Поэтому мелиорированные земли требуют более тщательного соблюдения агротехники и бережного отношения к ним.

Учитывая важность сохранения мелиоративного фонда, государство уделяет пристальное внимание использованию мелиорированных земель. В Республике Беларусь организация использования мелиорируемых земель и мелиоративных систем регламентируется рядом нормативных правовых актов: Законом Республики Беларусь от 23.07.2008 № 423-З «О мелиорации земель» [4], которым определены основы мелиорации земель и регулируются некоторые вопросы использования мелиорированных земель, обозначены ограничения и запреты на хозяйственную и иную деятельность на мелиорируемых (мелиорированных) землях; Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 18 октября 2022 г. № 700 «О мелиорации земель» [5] и др. Национальная стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года определяет мелиорацию земель как одно из приоритетных водопользований в сельском хозяйстве [6].

Основная цель мелиорации земель на современном этапе сформулирована в Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы (подпрограмма 7) как ввод в сельскохозяйственный оборот реконструированных мелиоративных систем и вновь мелиорированных сельскохозяйственных земель на площади 140,7 тыс. га; восстановление до уровня действующих требований безопасной эксплуатации 136 основных гидротехнических и переездных сооружений мелиоративных систем; поддержание оптимального водного режима для возделывания сельскохозяйственных культур на площади 2,6 млн. га [7]. В качестве источников финансирования мелиоративных работ в республике определены средства республиканского и местных бюджетов, государственных внебюджетных фондов, пользователей мелиоративных систем, организаций по строительству и эксплуатации мелиоративных систем, а также иных источников, не запрещенных законодательством. Реализация данной программы в области мелиорации земель позволит организовать рациональное использование земель сельскохозяйственных предприятий и повысить эффективность их производства.

Все приведенное выше указывает на необходимость исследования вопросов использования мелиорированных земель, совершенствования методических и практических подходов к повышению эффективности сельскохозяйственного производства в организациях, осуществляющих деятельность на таких землях. В качестве объекта исследований была выбрана Минская область, как один из основных регионов, (наряду с Брестской областью) по выполненным мелиоративным мероприятиям, которые затронули 34 % сельскохозяйственных земель.

#### **Основная часть**

Минская область характеризуется довольно сложным почвенным покровом, в котором преобладают

почвы легкого гранулометрического состава (54,1 % – супесчаные и 12,4 % – песчаные). При этом в составе почв сельскохозяйственных земель на долю автоморфных приходится всего 39,8 % (на пахотных данный показатель немного выше и достигает 51,7 %) [8]. Все остальные почвы в той или иной степени имеют избыточное увлажнение. Данные обстоятельства вызывают необходимость регулирования воздушно-водного режима почв и, соответственно, проведения мелиоративных мероприятий.

По данным реестра земельных ресурсов, на 1 января 2022 года в Минской области насчитывается 709,9 тыс. га мелиорированных земель (21,3 % от общей площади). При этом более чем на трети сельскохозяйственных земель (34 %) в рассматриваемом регионе проведены мелиоративные мероприятия с целью расширения площадей и повышения их продуктивности – 594401 га (33,9 %) подверглись осушительной мелиорации и лишь 1943 га (0,1 %) – оросительной (таблица 1) [2]. Следует отметить, что в структуре пахотных земель к осушенным относят только 24,5 % (318357 га), а среди луговых их доля достигает 64,1 % (274934 га). Что касается орошаемых земель, то основная их часть расположена на пахотных землях (1350 га или 69,5 % от общего их количества).

Как следует из представленных в табл. 1 данных, мелиорированные земли имеются в каждом из районов области. Среди районов Миской области наибольшим удельным весом мелиорированных земель в структуре сельскохозяйственных характеризуются Любанский (67,8 %), Стародорожский (58,9 %) и Солигорский (55,6 %). Также можно заметить, что осушенные земли имеются в каждом из 22 административных районов, а орошаемые – только в пяти: Березинском, Минском, Слуцком, Столбцовском и Узденском районах.

Таблица 1. Наличие и структура мелиорированных сельскохозяйственных земель в Минской области

Наименование районов	Сельскохозяйственные земли					Пахотные земли					Луговые земли				
	всего, га	орошаемые		осушенные		всего, га	орошаемые		осушенные		всего, га	орошаемые		осушенные	
		га	%	га	%		га	%	га	%		га	%	га	%
Березинский	63017	354	0,6	17777	28,2	48631	354	0,7	8801	18,1	14226	-	-	8976	63,1
Борисовский	79976	-	-	22932	28,7	64441	-	-	10275	15,9	14329	-	-	12418	86,7
Вилейский	99588	-	-	33808	34,0	65970	-	-	11269	17,1	32406	-	-	22521	69,5
Воложинский	86307	-	-	17061	19,8	62498	-	-	5971	9,6	22821	-	-	11087	48,6
Дзержинский	62714	-	-	13575	21,7	49891	-	-	7265	14,6	11139	-	-	6139	55,1
Клецкий	58043	-	-	16362	28,2	42809	-	-	4948	11,6	14790	-	-	11396	77,1
Копыльский	113948	-	-	33154	29,1	87976	-	-	14119	16,1	25053	-	-	19027	76,0
Крупский	80489	-	-	18560	23,1	57560	-	-	8391	14,6	22325	-	-	10167	45,5
Логойский	83122	-	-	22669	27,3	58927	-	-	8298	14,1	22877	-	-	14370	62,8
Любанский	90891	-	-	61593	67,8	71904	-	-	45736	63,6	18304	-	-	15819	86,4
Минский	84501	775	0,9	11802	14,0	68209	686	1,0	6314	9,3	11656	89	0,8	5409	46,4
Молодечненский	73253	-	-	20399	27,9	50288	-	-	7636	15,2	20658	-	-	12755	61,7
Мядельский	62146	-	-	22083	35,5	30943	-	-	5742	18,6	30890	-	-	16341	52,9
Несвижский	64559	-	-	13224	20,5	51225	-	-	5284	10,3	13061	-	-	7935	60,8
Пуховичский	98307	-	-	38943	39,6	65753	-	-	18895	28,7	30255	-	-	19906	65,8
Слуцкий	120753	430	0,4	54188	44,9	94045	-	-	36147	38,4	25413	430	1,7	18032	71,0
Смолевичский	64215	-	-	15849	24,7	52756	-	-	9172	17,4	9253	-	-	6676	72,2
Солигорский	114619	-	-	63759	55,6	87571	-	-	46814	53,5	25582	-	-	16620	65,0
Стародорожский	53016	-	-	31228	58,9	40492	-	-	23517	58,1	12218	-	-	7711	63,1
Столбцовский	73296	227	0,3	15814	21,6	51931	227	0,4	7055	13,6	20636	-	-	8751	42,4
Узденский	54790	157	0,3	22400	40,9	38648	85	0,2	12165	31,5	15479	72	0,5	10206	65,9
Червенский	73531	-	-	26996	36,7	57343	-	-	14318	25,0	15807	-	-	12672	80,2
г. Жодино	699	-	-	175	25,0	677	-	-	175	25,9	-	-	-	-	-
Итого	1755780	1943	0,1	594401	33,9	1300488	1350	0,1	318357	24,5	429178	591	0,1	274934	64,1

Примечание: Таблица составлена по данным [2].

Следует отметить, что 40 % всех орошаемых земель сосредоточено в Минском районе, а по наличию осушенных земель лидируют Любанский (72376 га) и Солигорский (69355 га) районы.

Для оценки эффективности использования мелиорированных земель на территории изучаемого региона проанализирована выборка из 154 хозяйств, входящих в систему Минсельхозпрода Респуб-

лики Беларусь. Подавляющее большинство рассматриваемых сельскохозяйственных организаций (110 хозяйств или 71 %) имеют в составе сельскохозяйственных мелиорированные земли. Были изучены основные показатели эффективности данных хозяйств за 2019–2021 гг., а также наличие осушенных и орошаемых земель.

На основании доли мелиорированных сельскохозяйственных земель выполнена группировка исследуемого массива предприятий, в результате которой было сформировано 5 групп хозяйств (табл. 2). При этом сельскохозяйственные организации, не имеющие таких земель, выделены в отдельную группу.

Исследования показали, что количество сельскохозяйственных организаций в группе уменьшается с увеличением доли мелиорированных земель: наибольшее количество наблюдается в первой группе – 45, а наименьшее – в пятой (3 хозяйства). К пятой группе отнесены ОАО «Чырвоная змена» им. К. И. Шаплыко» и КСУП «Э/Б «Любанская» Любанского района и сельскохозяйственный филиал «Совхоз» Слуцк» ОАО Слуцкий КХП Слуцкого района.

Таблица 2. Группировка сельскохозяйственных организаций Минской области по доле мелиорированных сельскохозяйственных земель

Группы хозяйств по доле мелиорированных сельскохозяйственных земель	Количество хозяйств в группе	Доля мелиорированных сельскохозяйственных земель, %	Валовая продукция сельского хозяйства в сопоставимых ценах на 100 балл-га сельхозземель, тыс. руб.	Продукция растениеводства на 100 балл-га сельхозземель, тыс. руб.	Выручено по растениеводству на 100 балл-га пахотных земель, тыс. руб.	Зерно в физической массе после доработки с 1 га, ц	Балл сельскохозяйственных земель	Балл пахотных земель
1. До 20,0 %	45	10,48	7,27	2,84	1,81	34,94	32,06	33,89
2. 20,1–40,0 %	35	29,96	5,68	2,37	1,65	31,84	31,10	33,00
3. 40,1–60,0 %	21	49,17	5,50	2,32	1,64	30,20	31,66	37,02
4. 60,1–80,0 %	6	66,49	6,46	2,28	1,46	23,99	25,82	26,43
5. Более 80,1 %	3	90,07	3,52	1,47	0,86	20,79	33,91	33,98
Итого	110							
Хозяйства без мелиорированных земель	44	–	3,56	1,55	1,07	25,63	33,61	34,02
В среднем по выборке хозяйств	154	41,03	5,33	2,14	1,42	27,90	32,36	33,06

Также установлено уменьшение итоговых показателей эффективности производства в разрезе выделенных групп с увеличением доли мелиорированных сельскохозяйственных земель. Так, например, наблюдается сокращение урожайности зерновых культур, а также стоимости продукции растениеводства и выручки в расчете на 100 балло-гектар. Заметим, что снижение урожайности зерновых культур и величины других показателей в четвертой группе можно объяснить, в некоторой степени, уменьшением значений баллов плодородия как сельскохозяйственных, так и пахотных земель. Однако, в третьей и пятой группе хозяйств уровень плодородия выше среднего по всей выборке, а урожайность более низкая, чем в первых двух группах и в среднем по выборке.

На основании представленных данных можно отметить, что ряд исследуемых предприятий не в полной мере используют потенциальные возможности имеющихся в их распоряжении сельскохозяйственных земель в целом, и мелиорированных, в частности. Имея очевидные рентные преимущества, о чем свидетельствуют достаточно высокие баллы сельскохозяйственных земель, они упускают возможности получения дополнительной прибыли и средств на развитие производства. Также такое положение дел указывает и на то, что затраты на эксплуатацию мелиоративной сети в таких предприятиях не всегда окупаются прибылью от производства сельскохозяйственной продукции. В этой связи важно на основании тщательного анализа результатов хозяйственной деятельности искать пути повышения эффективности использования мелиорированных сельскохозяйственных земель.

### Заключение

Проведенные исследования показали, что мелиорированные сельскохозяйственные земли являются важным производственным ресурсом в обеспечении продовольственной безопасности республики и необходимо подходить к организации их эффективного использования с учетом особенностей данных земель.

В результате анализа сельскохозяйственного землепользования на примере 154 аграрных пред-

приятый Минской области и их группировки по доле мелиорированных земель установлено, что более высокие результаты хозяйственной деятельности в исследуемой выборке показывают хозяйства с меньшим удельным весом указанных земель в составе сельскохозяйственных. При этом почвы во всех группах, кроме четвертой, отличаются достаточно высоким уровнем плодородия, поэтому связывать уменьшение значений показателей эффективности производства с ним некорректно. В данных обстоятельствах необходима система мер, направленных на совершенствование организационно-экономического механизма использования потенциальной продуктивности сельскохозяйственных земель, подвергшихся мелиорации.

Важнейшими факторами повышения продуктивности мелиорированных земель является поддержание мелиоративной сети в надлежащем техническом состоянии, четкое соблюдение всех эксплуатационных требований и параметров ее использования, установление и соблюдение оптимальной для таких земель структуры посевов и рекомендованных систем использования (включая системы севооборотов, разрешенного выпаса сельскохозяйственных животных и т.п.). Все это указывает на необходимость комплексного подхода к организации использования мелиорированных земель, который может быть реализован только при тесном взаимодействии сельскохозяйственных предприятий, имеющих в использовании такие земли, организаций, обслуживающих мелиоративные сети и государства, осуществляющего соответствующую политику в области проведения мелиорации и эффективного использования земель, улучшенных в ходе ее выполнения (включая правовое, организационное и экономическое регулирование и стимулирование хозяйствующих субъектов).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кондерешко, Э. П. Мировой опыт государственного регулирования эффективного использования мелиорированных земель в сельскохозяйственном производстве / Э. П. Кондерешко // Проблемы экономики. – 2019. – № 2 (29). – С. 105–113.
2. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2022 года) / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. – Минск, 2022. – 57 с.
3. Повышение эффективности мелиоративного комплекса Беларуси / А. П. Лихацевич [и др.] // Мелиорация. – 2004. – № 1. – С. 7–22.
4. О мелиорации земель [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 23 июл. 2008 г., №423-3; в ред. Законов Респ. Беларусь от 01.07.2010 г. №154-3, 15.07.2010 г. №169-3, 14.07.2011 г. №293-3, 04.01.2014 г. №130-3, 17.07.2018 г. №134-3, 17.07.2020 г. №50-3 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=N10800423>. – Дата доступа: 03.04.2023.
5. О мелиорации земель [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 18 окт. 2022 г., № 700 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22200700> – Дата доступа: 03.04.2023.
6. О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 22 фев. 2022 г., № 91 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22200091&p1=1> – Дата доступа: 03.04.2023.
7. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 фев. 2021 г., № 59 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100059> – Дата доступа: 03.04.2023.
8. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. Практическое пособие / под ред. Г. И. Кузнецова, П. И. Смеяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 402 с.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 378.147

### ОРГАНИЗАЦИЯ ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

М. М. ОЛЕСОВА, С. Р. АФАНАСЬЕВА

Октёмский филиал ФГБОУ ВО

«Арктический государственный агротехнологический университет»,  
с. Октёмы, Республика Саха (Якутия); e-mail: olesova1964@mail.ru, afanaseva.sr@mail.ru

(Поступила в редакцию 14.02.2023)

*В век информационных технологий наиболее значимым процессом в сфере образования является цифровизация учебного процесса. Онлайн-обучение в образовании охватило все уровни и стало очень популярным от школы до вуза. Онлайн-обучение – это возможность обучаться в режиме реального времени, используя электронную образовательную среду вуза. Такой формат появился в сфере дистанционного обучения и стал его логическим продолжением с развитием интернета и цифровых технологий. Кроме того, вы всегда можете получить доступ к видеолекциям, чтобы освежить свои знания, проверить их с помощью онлайн-тестов, получить мгновенные результаты или использовать тренажеры для достижения желаемых результатов. В данной статье рассматривается организация онлайн-обучения в учебном процессе вуза. В качестве методов исследования выбраны теоретический анализ и синтез материалов. В данной статье авторы характеризуют наиболее часто используемые сервисы видеоконференцсвязи на образовательных платформах, а также уделяют внимание проведению онлайн-лекций и занятий, чтобы вести трансляции в доступной и увлекательной форме. В ходе исследования авторы пришли к выводу о необходимости более основательного повышения компетентности преподавателей в обращении с информационно-коммуникационными технологиями. Онлайн-обучение и его организационные особенности требуют тщательного изучения по причине слабой разработки данной темы. Основные положения и выводы данной статьи будут полезны преподавателям, методистам в научной и педагогической деятельности. Кроме того, разработанные рекомендации позволяют улучшить образовательный процесс вузов.*

**Ключевые слова:** онлайн-обучение, цифровые технологии, учебный процесс, вуз, онлайн-лекции, сетевой учебно-методический комплекс, информационная среда.

*In the age of information technology, the most significant in the field of education is the digitalization of the educational process. Online learning in education has covered all levels and has become very popular from school to university. Online learning is an opportunity to learn in real time using the electronic educational environment of the university. This format appeared in the field of distance learning and became its logical continuation with the development of the Internet and digital technologies. In addition, you can always access video lectures to brush up on your knowledge, test your knowledge with online quizzes, get instant results, or use simulators to achieve your desired results. This article discusses the organization of online learning in the educational process of the university. Theoretical analysis and synthesis of materials were chosen as the research method. In this article, the authors characterize the most commonly used video conferencing services on educational platforms, and also pay attention to conducting online lectures and classes in order to broadcast in an accessible and exciting way. In the course of the study, the authors came to the conclusion that there is a need for a more thorough increase in the competence of teachers in handling information and communication technologies. Online learning and its organizational features require careful study due to the poor development of this topic. The main provisions and conclusions of this article will be useful to teachers and methodologists in scientific and pedagogical activities. In addition, the developed recommendations allow improving the educational process of universities.*

**Key words:** online learning, digital technologies, educational process, university, online lectures, network educational and methodological complex, information environment.

#### Введение

Актуальность темы заключается в том, что получение знаний и навыков через компьютеры и другие устройства с помощью интернета в реальном времени на данном этапе развития общества становится обыденным. Онлайн-обучение становится наиболее возможным с бурным развитием цифровизации образования. Видеолекции появились давно, в девяностых годах 20 века, в 21 веке стали веле-нием времени. Онлайн-обучение – это не просто добывание знаний и навыков, но и буквальная связь студентов и преподавателя. Возможности при таком обучении очень большие: брать и знакомиться с лекциями преподавателей, в любое время проконсультироваться и выполнять практические работы.

Необходимость обсуждения, поиска и сочетания основного и онлайн-обучения дали повод для исследования темы публикации.

Таким образом, степень научной разработанности данной темы является недостаточной. Считаем, что целесообразность разработки работы очевидна, она связана с цифровизацией образования всего университета. Научная новизна статьи заключается в эффективности использования нетрадиционного обучения, в частности онлайн-обучения для учебного пространства вуза, которые требуют новых теоретико-методологических подходов.

В Федеральном законе от 29.12.2012 г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» под электронным обучением понимается организация образовательной деятельности с использованием информационных технологий, технических средств, информационно-коммуникационных сетей, которые применяются для передачи указанной информации и обеспечение взаимодействия между студентами и преподавателями, которое содержится в базах данных и используется для реализации образовательных программ. Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников [14, с. 27].

Целью исследования является выявление особенностей в проведении онлайн-обучения студентов образовательном пространстве университета.

Задачами исследования являются: 1) проведение теоретического анализа источников по использованию онлайн обучения в вузе; 2) выявление отличительных сторон онлайн и дистанционного обучения; 3) обоснование задач онлайн обучения в условиях цифровизации высшего образования. Объект исследования – образовательный процесс высшего учебного заведения, предмет исследования – онлайн-обучение. Методологической основой исследования выступили целостный, комплексный, информационный, системный подходы. В процессе исследования были использованы материалы научных статей, конференций, трудов, находящихся в открытом доступе по теме исследования. Решение поставленных в исследовании задач осуществлялось на основе применения следующих общенаучных методов исследования: сравнительного, логического и эмпирических методов.

Теоретическая значимость обусловлена тем, что по сути современном учебном заведении идет трансформация форм и методов процесса обучения, связанных с цифровизацией образовательных процессов. Сами цифровые технологии и цифровизация всего образовательного пространства требуют переосмысления процесса получения знаний и взаимодействия преподавателя и студента.

Практическая значимость заключается в том, что материалы исследования могут быть полезны преподавателям, методистам в научной деятельности. Кроме того, разработанные рекомендации позволят университетам продуманно развивать образовательные процессы.

#### **Основная часть**

Цифровизация учебного процесса требует актуализации образовательных программ специальностей и специализации, а также подключения к раскрытию компетенций выпускника с применением цифровых технологий; приведения учебно-методической документации, рабочих программ оценочных средств, стажировки и итоговой государственной аттестации в соответствие с требованиями цифровой экономики. Основным перечнем компетенций цифровой экономики выступает коммуникация и кооперация, которая предполагает использование человеком различные цифровые средства; саморазвитие, которое ставит себе образовательные цели; креативное мышление предполагает аккумуляцию новых идей, выдвижение альтернативных вариантов действий при решении задач; поиск нужных источников информации и по данным; оценка информации построения логических умозаключений на основе поступающей информации.

Многие авторы в своих трудах отмечают глобальную популяризацию цифровизации обучения, например Р. И. Платонова, И. В. Мусханова, М. М. Олесова (R. I. Platonova, I. V. Muskhanova, T. V. Levchenkova, M. M. Olesova) проанализирована информация о том, как университеты активно используют онлайн-курсы МООС, разработанные другими университетами, во время учебных занятий [18, с. 9432].

В своих трудах А. А. Попов подчеркивает первостепенные задачи информационно-коммуникационной поддержки в процессе университетского образования, включая внедрение и использование дистанционного обучения и сетевых технологий обучения в образовательном процессе; а также интеграцию электронных учебных материалов в традиционный образовательный процесс; создание системы трансляции онлайн-лекций; обеспечение всех дисциплин, изучаемых в вузе, сетевыми учебно-методическими комплексами нового поколения; использование системы тестирования учебных достижений студентов; совершенствование ИКТ – компетентности преподавателей на осно-

ве активного развития и использования программно-дидактических средств обеспечения разных сторон педагогической деятельности [10, с. 118]. Таким образом, автор указывает на первостепенные задачи цифровизации учебного процесса вуза, внедрение и применение в учебном процессе дистанционных и сетевых технологий в образовании (рис 1).

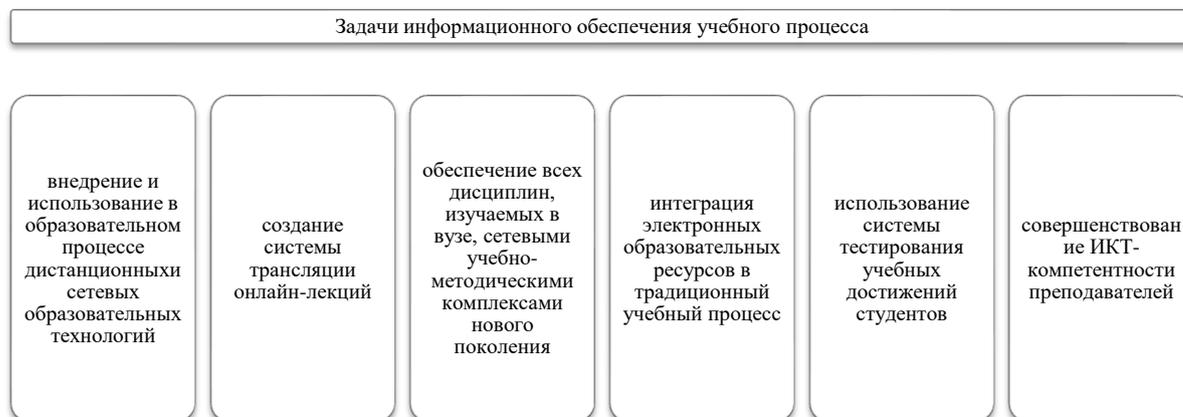


Рис. 1. Информационное обеспечение образовательного процесса

Дистанционное обучение выступает как совокупность информационно-коммуникационных технологий, гарантирующих основным объемом учебного материала, применения информационно-коммуникационных технологий, интерактивное взаимодействие с двух сторон. Дает возможность студентам самостоятельного освоения учебного материала.

Получать знания в различных форматах включая аудио, видео, текст с гиперссылками, инфографику, программы, игры, инструменты и материалы для получения знаний. Спросите себя, в чем сходство и различие между онлайн-обучением и дистанционным обучением. Основное сходство заключается в процессе обучения. Занятие не проводится в аудиториях. Без преподавателей необходимо больше самосознания и самодисциплины.

Понятие «дистанционное обучение» относится к дистанции между студентом и преподавателем. «Онлайн-обучение» означает, что изучение определенной темы проводится с использованием интернет-соединения. Преподаватель и студент удалены друг от друга. На данном этапе понятия «дистанционное обучение» и «онлайн-обучение» практически полностью идентичны, за исключением частоты использования.

Положительные стороны – это индивидуальный темп обучения – изучать материалы можно в собственном темпе, независимо от групп и программ; гибкий график – материалы доступны в любое время дня и ночи, что решает вопросы высокой занятости и разницы во времени; мобильность – эффективная обратная связь от преподавателей в ходе всего периода обучения [15].

С помощью каких инструментов-сервисов можно создать системы трансляции онлайн-лекций и сделать их увлекательными. Обратимся А. И. Никитченко: автор указывает, что для передачи нового материала рекомендуется использовать тексты, художественные и научные фильмы, видеофильмы и услуги видеоконференций. К последним относятся следующие:

1. Microsoft Teams – корпоративная платформа, предназначенная для конференцсвязи, рабочих разговоров и удаленного обучения. Разработчик предлагает четыре основных аспекта: чат, звонки, встречи и совместная работа. В платформу также встроена интерактивная доска.

2. Zoom – платформа для проведения онлайн-занятий. Бесплатная учетная запись позволяет до 100 человек проводить 40 минутную видеоконференцию онлайн.

3. Skype – платформа для видеоконференций до 50 участников. Совершайте индивидуальные и групповые аудио/ видеозвонки, отправляйте мгновенные сообщения и файлы другим пользователям.

4. Discord – бесплатный мессенджер с поддержкой видеоконференций, голосового и текстового чата.

5. TrueConf – программа для видеоконференций через Интернет, которая поможет вам организовать встречу до 120 участников.

6. BigBlueButton – платформа для проведения вебинаров. Нет ограничений на количество пользователей и время вебинаров.

7. CiscoWebex – платформа для видеоконференций. Существуют облачные сервисы для онлайн совещаний и совещаний с инструментами для совместной работы с аудио и видео документами. [8, с. 214].

Кузенков С. В. отмечает, что Zoom обладает широким инструментарием. Даже в бесплатной его версии предлагается несколько вариантов работы с экраном. Во время демонстрации на экране учеб-

ных материалов можно сделать видимым движение по ним курсора, дополнять демонстрируемые материалы текстом, схемами, рисованными элементами. Нарисованные фрагменты можно удалять и перемещать по экрану. Таким образом, online демонстрация учебных материалов и использованием интерактивных возможностей сервиса Zoom позволяет приблизить дистанционное занятие со студентами к традиционному аудиторному занятию [6].

Следующими задачами информационного обеспечения учебного процесса является обеспечение всех дисциплин, изучаемых в вузе, сетевыми учебными и методическими комплексами нового поколения, который выступает, как основная дидактическая единица дистанционного обучения и будет включен в цифровой образовательный ресурс вуза. Структура комплекса нового поколения дает возможность студентам разработать собственную траекторию самообразования.

К вопросу об интеграции электронных образовательных ресурсов в традиционный учебный процесс были посвящены работы В. А. Сластенин [9], И. А. Стеценко [13], Т. Л. Смирнова [7], Л. В. Чустрова, [16], Н. И. Исупова [4], Е. Ю. Занкова [2], Ф. А. Абдуллаев [1, с. 214].

Интеграция электронных образовательных ресурсов в традиционный учебный процесс обеспечивает повышение качества обучения, соответствие образовательным стандартам, адаптации электронных образовательных ресурсов к индивидуальным возможностям каждого студента, возможной работы с программными продуктами, использование интерактивности электронных образовательных ресурсов и другое.

В этом случае уместны структурные единицы электронных учебных модулей, т. е. модули получения информации; модули практических занятий, модули контроля. Следовательно, способы интеграции модулей электронных образовательных ресурсов в лекционные и практические занятия. Классификация типов занятий по дидактической цели, на освоение формирования умений и владений включает: изучение нового учебного материала; формирование и совершенствование умений и навыков, обобщение и систематизацию знаний; контроль и коррекцию знаний, умений и навыков. Использование современных средств поиска, анализа и интерпретации информации для обучения студентов. Результаты обучения по каждой дисциплине необходимо подвести под применение цифровых технологий, то есть при обучении используются программы, приложения, электронные сервисы, ресурсы. Студент использует Google-документы, умеет формировать анализ данных в программе Statistica, проводить инвентаризацию и учет товаро-материальных ценностей по штрихкодам и RFID-меткам, терминалам сбора данных со встроенным RFID-считывателем, организация автоматизированной обработки результатов инвентаризации товаро-материальных ценностей.

Одной из задач информационного обеспечения выступает использование системы тестирования учебных достижений студентов. По мнению ряда исследователей (А. С. Запесоцкий [3], Л. П. Качалова [5], А. Н. Майоров [7] В. П. Симонова [11], Н. В. Ялаева [17]), можно решить учебные достижения студентов и проблемы, связанные с традиционным контролем знаний с помощью компьютерного тестирования. С другой стороны, педагогическое тестирование – это контроль знаний студентов, который оценивает, насколько студент знает тот или иной предмет путем тестов-заданий, которые разрабатывает сам преподаватель.

Педагогическое тестирование служит основным предметом в текущей и промежуточной аттестации, основным средством обеспечения в учебном процессе обратной связи между преподавателем и обучающимся, необходимой для стимулирования работы обучающихся и совершенствования методики преподавания учебных дисциплин. Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку хода освоения дисциплин (модулей). Промежуточная аттестация обучающихся – оценка промежуточных и окончательных результатов обучения по циклам, модулям, дисциплинам и прохождения практик. Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений необходимым результатов разрабатываются фонды оценочных средств. В целом ФОС по образовательной программе формируются из комплектов оценочных средств текущего контроля промежуточной и государственной итоговой аттестации: комплект оценочных средств текущего контроля формируется разработчиком по всем учебным дисциплинам и профессиональным модулям и включает описание оценочных процедур по программе; комплект оценочных средств по промежуточной аттестации включает контрольно-оценочные средства для оценки освоения материала по учебным дисциплинам и профессиональным модулям.

Из этой задачи вытекает компетентность преподавателя в использовании программно-дидактических средств, информационно-коммуникационных технологий в своей деятельности и их совершенствование. В этом случае, в реальной образовательной деятельности требуется постоянное совершенствование навыков работы с информационно-коммуникационными технологиями, что и обуславливает повышение эффективности обучения.

Учитывая особенность дистанционного обучения, во-первых, используются новейшие информационные интернет-технологии, во-вторых, дистанционно обучаются студенты и формируется определенная виртуальная аудитория, в-третьих, самостоятельная работа и самоконтроль, думаем, будут развиваться.

Из этих особенностей вытекает, что дистанционное обучение это:

1. Создание новой информационной среды.
2. Формирование индивидуальных траекторий обучения, упор делается на индивидуальный подход.
3. Развитие самоконтроля посредством тестирования учебных достижений.

### **Заключение**

Таким образом, проведен анализ источников по использованию дистанционного обучения в вузе. На основе этого проанализированы задачи информационного обеспечения учебного процесса вуза.

В результате разбора задач информационного обеспечения учебного процесса вуза выяснили, что дистанционное обучение имеет ряд отличий от традиционного обучения. Дистанционное обучение является востребованным и перспективным.

Быстро растущий спектр цифровых инструментов дистанционного обучения, онлайн образования открывает широкую перспективу для индивидуализации образовательного процесса, повышения его эффективности. И задача образовательных организаций профессионального образования – использовать новые возможности по максимуму.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Абдуллаев, Ф. А. Интеграция цифровых образовательных ресурсов в образование: педагогические условия моделирования электронной службы / Ф. А. Абдуллаев // Молодой ученый. – 2019. – №5 (243). – С. 152–154 – URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=36931109> (дата обращения: 10.02.2022).

2. Занкова, Е. Ю. К вопросу об интеграции традиционного и электронного обучения – Текст: электронный / Е. Ю. Занкова // Вестник Таганрогского государственного педагогического института. – 2014. – №2. – С. 91–95. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21883651> (дата обращения: 10.02.2022).

3. Запесоцкий, А. С. Образование: философия, культурология, политика / А. С. Запесоцкий. – М.: Просвещение, 2002. – 383 с.

4. Исупова, Н. И. Методические особенности применения электронных образовательных ресурсов / Н. И. Исупова // Сборник научных трудов Sworld. – 2012. – Т. 23. – № 4. – С. 92–95.

5. Качалова, Л. П. Педагогический мониторинг. Процессы интеграции психолого-педагогических знаний будущего учителя / Л. П. Качалова // Стандарты и мониторинг в обучении. – 1999. – №6. – С. 31–34.

6. Курзенков, С. В. Опыт использования информационно-коммуникационных технологий в учебном процессе УО БГСХА: пути и перспективы развития / С. В. Курзенков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – №1. – С. 217–224.

7. Майоров, А. Н. Теория и практика создания тестов для системы образования. (Как выбирать, создавать и использовать тесты для целей образования) / А. И. Майоров. – М.: Народное образование, 2000. – 352 с.

8. Никитченко, А. И. Особенности дистанционного обучения студентов в высших учебных заведениях / А. И. Никитченко // Развитие современных инновационных технологий и методик в образовательных учреждениях. – К., 2021 – С. 212–215.

9. Педагогика: учеб. пособие для студ. пед. учеб. заведений / В. А. Сластенин [и др.]; под ред. В. А. Сластенина. – М.: Изд. центр «Академия», 2002. – 576 с.

10. Попов, А. А. Задачи формирования электронной информационно образовательной среды / А. А. Попов // Реализация инноваций и актуальные проблемы профессионального образования в современном обществе. – М., 2014. – С. 118–121.

11. Симонов, В. П. Достоверность тестирования как показатель компетентности и достоверности проверяющих / В. П. Симонов // Вестник московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. – 2012. – №3. – С. 79–85.

12. Смирнова, Т. Л. Инновации в образовательном процессе подготовки экономистов / Т. Л. Смирнова // Современное образование: инновационный потенциал умной экономики России: матер. междунар. науч-метод. конф. 1–2 февраля 2007 г., Россия, Томск. – Томск: Томский гос. университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. – С. 98–100.

13. Стеценко, И. А. Электронное обучение как системная педагогическая категория [Электронный ресурс] / И. А. Стеценко, Е. Ю. Занкова // Культура и образование. – 2014. – № 1. – Электрон. дан. – URL: <http://vestnik-rzi.ru/2014/01/1245>.

14. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 08.12.2020) «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 11.01.2023) / Собрание законодательства РФ: [Электронный ресурс]: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/9ab9b85e5291f25d6986b5301ab79c23f0055ca4/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/9ab9b85e5291f25d6986b5301ab79c23f0055ca4/) (дата обращения 13.01.2023).

15. Чем отличается онлайн-обучение от дистанционного обучения? [https://dzen.ru/a/XoRJ6E3GsG9kTbA\\_](https://dzen.ru/a/XoRJ6E3GsG9kTbA_) (дата обращения: 16.01.2023).

16. Чупрова, Л. В. К вопросу об инновационных методах обучения в вузе / Л. В. Чупрова // Сборники конференций НИЦ Социосфера. – 2012. – № 23. – С. 32–35.

17. Ялаева, Н. В. Компьютерное тестирование как средство интенсификации обучения английскому языку в юридическом вузе: дис...канд.пед.наук / Н. В. Ялаева. – Екатеринбург, 2003. – 215 с.

18. Higher education during transition to distance learning / R. I. Platonova, I. V. Muskhanova, T. V. Levchenkova, M. M. Olesova [et al.] // International Journal of Psychosocial Rehabilitation. – 2020. – Vol. 24. – No 8. – P. 9432–9436. – DOI 10.37200/IJPR/V24I8/PR280934.

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КРУГОЗОР

УДК 631.

### ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРЕГАТНОЕ СОСТОЯНИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ КАРТОФЕЛЯ НА ФОНЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Э. П. МАХМУДОВА

*Институт почвоведения и агрохимии Министерства науки и просвещения Азербайджанской Республики,  
г. Баку, Азербайджанская Республика, AZ1073*

*(Поступила в редакцию 13.03.2023)*

*В данной статье рассматривается влияние минеральных удобрений на фоне внесенных в почву горного чернозема органо-минеральных компонентов на ее агрегатное состояние и физические свойства.*

*В практике сельскохозяйственного производства существенную значимость приобретает создание устойчивой структуры почв, от которой зависят многие физические свойства, нормальное развитие выращиваемой культуры, и в конечном итоге стабилизация плодородия почв. В контексте этого тезиса нашей целью было изучение на примере горного чернозема влияния минеральных удобрений на агрегатное состояние и физические свойства агроценоза картофеля на фоне внесенных в почву органо-минеральных компонентов. Поэтому вначале на опытном участке нами были анализированы механический состав некоторых физических (плотность, пористость), физико-химических (карбонатность, поглощенные основания, гигроскопическая влажность) свойств, а также изменение количественных показателей водопрочных агрегатов при внесении в почву минеральных удобрений на фоне органо-минеральных компонентов по двухсхемному внесению удобрений, включающему отдельные варианты.*

*Учитывая, что горные черноземные почвы являются важным сельскохозяйственным регионом для выращивания картофеля, мы сочли необходимым провести наши исследования на этих почвах. На основании проведенных экспериментов было установлено, что внесение минеральных и органических удобрений существенно изменило процентное соотношение водопрочных агрегатов. Если в контрольной почве их было 63,5 %, то после внесения удобрений, их количество возросло соответственно до 65–72 % и 81,7 %. При этом наилучший эффект был получен в вариантах с минеральными удобрениями N<sub>90</sub>K<sub>120</sub> и органическим удобрением (навозом) 30 т/га. Улучшая структурное состояние изучаемых почв, значительно активизируется биологическая деятельность, которая эффективно трансформирует органо-минеральные удобрения в биологический круговорот и тем самым способствует повышению плодородия горных черноземов. Таким образом, важным условием стабилизации плодородия почв и повышения их продуктивности является правильное ведение агротехнических мероприятий.*

**Ключевые слова:** почва, удобрения, агрегаты, варианты, картофель.

*This article discusses the effect of mineral fertilizers against the background of organo-mineral components introduced into the soil of mountain chernozem on the state of aggregation and physical properties of the soil.*

*In the practice of agricultural production, the creation of a stable soil structure, on which many physical properties depend, the normal development of the cultivated crop, and, ultimately, the stabilization of soil fertility, is of significant importance. In the context of this thesis, our goal was to study, using the example of mountain chernozem, the effect of mineral fertilizers on the state of aggregation and physical properties of potato agrocenosis against the background of organomineral components introduced into the soil. Therefore, at the beginning, on the experimental site, we analyzed the mechanical composition and some physical (density, porosity), physico-chemical (carbonate content, absorbed bases, hygroscopic moisture) properties, as well as changes in the quantitative indicators of water-resistant aggregates when mineral fertilizers were applied to the soil against the background of organo-mineral components according to a two-scheme variant, including separate options.*

*Given that mountain chernozem soils are an important agricultural region for growing potatoes, we considered it necessary to conduct our research on these soils. Based on the experiments, it was found that the application of mineral and organic fertilizers significantly changed the percentage of water-stable aggregates. If in the control soil they were 63.5 %, then after fertilization, their number increased to 65–72 % and 81.7 %, respectively. At the same time, the best effect was obtained in the variants with mineral fertilizers N<sub>90</sub>K<sub>120</sub> and organic fertilizer (manure) 30 t/ha. Improving the structural state of the studied soils, biological activity is significantly activated, which effectively transforms organomineral fertilizers into a biological cycle and thereby contributes to an increase in the fertility of mountain chernozems. Thus, an important condition for stabilizing soil fertility and increasing its productivity is the correct conduct of agrotechnical measures.*

**Key words:** soil, fertilizers, aggregates, options, potatoes.

#### Введение

Важнейшая задача сельскохозяйственного производства на черноземных почвах – правильное использование их высокого потенциального плодородия, предохранение гумусового слоя от разрушения. Черноземные почвы обладают высоким потенциальным плодородием, но их эффективное плодородие зависит от тепло- и влагообеспеченности, биологической активности. При сельскохозяйственном использовании на свойства черноземов влияют также приемы обработки почвы, минеральные и органи-

ческие удобрения, сельскохозяйственная техника, режим орошения. Особую значимость это приобретает в современных условиях ведения сельского хозяйства при дефиците удобрений и их высокой стоимости. Применение органических и минеральных удобрений является наиболее существенным фактором, способствующим сохранению и повышению плодородия почв наряду с воздействием на общий уровень урожайности сельскохозяйственных культур. Все механические элементы почвы могут находиться в раздельном состоянии или объединены под влиянием различных факторов в структурные отдельные (агрегаты, комки, комочки) разной формы и размера.

Таким образом, способность почвы распадаться на агрегаты называется структурностью, а совокупность агрегатов различной величины, формы и качественного состава называется почвенной структурой. Если сравнительно проанализировать некоторые почвы, то между ними можно найти некоторые различия. Например, в песчаных и супесчаных почвах механические элементы обычно находятся в раздельном состоянии. Суглинистые и глинистые почвы могут быть структурными или мелкоструктурными.

В практике сельскохозяйственного производства большое значение имеет структура почвы, оказывающая положительное влияние на физические свойства, водно-воздушный режим и в целом на плодородие почв [5].

В контексте этого тезиса нашей целью было изучение на примере горного чернозема влияния минеральных удобрений на агрегатное состояние и физические свойства агроценоза картофеля на фоне внесенных и почву органоминеральных компонентов. Поэтому вначале на опытном участке нами были анализированы механический состав некоторых физических (плотность, пористость), физико-химических (карбонатность, поглощенные основания, гигроскопическая влажность) свойств, а также изменение количественных показателей водопрочных агрегатов при внесении в почву минеральных удобрений на фоне органоминеральных компонентов по двухсхемному внесению удобрений, включающему отдельные варианты.

Устойчивость структуры к механическому воздействию и способность не разрушаться при увлажнении определяет сохранение почвой благоприятного сложения при многократных обработках и поливах. При отсутствии этих качеств структурные отдельные быстро разрушаются при обработке, выпадении дождей или орошении, и почва становится бесструктурной. Во влажном состоянии такая почва заплывает, а при подсыхании образует твердую корку [2, 6].

Важно иметь в виду, что не всякая водопрочная структура агрономически ценная. Только когда агрегаты имеют рыхлую упаковку, более пористые и обладают способностью легко воспринимать воду, куда свободно проникают микроорганизмы и корневые волоски растений – такая структура считается необходимой.

Агрономическое значение структуры заключается в том, что она оказывает существенное влияние на физические свойства, водно-воздушный, тепловой, окислительно-восстановительный, микробиологический и питательный режим почвы, а также обеспечивает противоэрозионную устойчивость почвы [2–4, 7].

При наличии агрономической ценной структуры в почве создаются благоприятное сочетание капиллярной и некапиллярной пористости. В структурной почве одновременно создаются благоприятные условия обеспечения растений влагой и воздухом. Структурной считается почва, содержащая более 55 % водопрочных агрегатов размером 0,25–10 мм.

Благоприятное влияние на агрономические свойства почв оказывают микроагрегаты размером 0,25–0,05 и 0,05–0,01 мм, микроагрегаты размером 0,01–0,005 мм затрудняют водо- и воздухопроницаемость, способствуют повышению испаряющей способности почв [5].

#### Основная часть

Исследования проводились на горных черноземных почвах Кедабекского района. Вначале на выбранных опытных участках определялся механический, агрегатный состав и физические свойства на отдельных глубинах 0–20; 20–40; 40–60; 60–80 см по общепринятой в почвоведении методике [1].

Если учесть, что влияние минеральных и органических удобрений на физические свойства и структуру изучаемой почвы под культурой картофеля мало изучены, объектами наших исследований были также варианты, куда вносились вышеуказанные удобрения.

Внесение удобрений в исследуемую почву проводились нами по соответствующим двум схемам. Полученные результаты по отдельным вариантам сравнивались между собой.

Анализ количественных показателей водопрочных агрегатов и физических свойств опытного участка исследуемой горно-черноземной почвы приведены в табл. 1.

Таблица 1. Механические и физические показатели опытного участка исследуемой почвы

Глубина в см	Количество водопрочных агрегатов, %							Физические свойства	
	>7	7–5	5–3	3–1	1–0,25	>0,25	<0,25	плотность, г/см <sup>3</sup>	порозность, %
0–20	7,3	9,4	10,9	15,1	20,8	63,5	36,5	1,16	55,00
20–40	7,0	10,0	9,9	13,0	22,0	48,0	33,0	1,26	51,25
40–60	6,8	8,8	8,0	10,0	19,8	44,0	35,0	1,33	50,05
60–80	6	7,0	6,5	–	–	36,0	30,6	1,59	45,50
						31,0	24,5	1,64	44,55

Как видно из табл. 1, количество частиц размером 1–0,25 мм составляет 20,8 %, меньше 0,25 мм и больше 0,25 мм их количество составляет соответственно 36,55 и 63,5 %. Относительно более крупные агрегаты размером 7 мм и 7–5 мм по массе изменяются между 7,3 % и 9,4 %, а агрегаты размером 5–3 мм и 3–1 мм в процентном отношении составляют 10,9 % и 15,1 %. Существенную значимость в формировании плодородия почв и активизации биологических процессов имеют физические показатели. Из таблицы видно, что плотность почвы по мере перехода из верхних горизонтов (0–20; 20–40 см) к нижним (40–60; 60–80 мм) увеличивается от 1,16–1,26 г/см<sup>3</sup> до 1,33–1,64 г/см<sup>3</sup>. Аналогичным образом изменяется и порозность почвы между 55–51,25 % и 50–44,55 %. Несомненно, важную значимость в наших экспериментах имеют варианты, связанные с влиянием удобрений на физические показатели почв. Результаты, полученные по отдельным вариантам, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Влияние минеральных удобрений под культурой картофеля на фоне минеральных и органических удобрений на количественные показатели водопрочных агрегатов горных черноземов Кедабекского района

	Количество водопрочных агрегатов % (> 0,25мм)						
	>7	7-5	5-3	3-1	1-0,35	>0,25	<0,25
I схема							
Контроль без удобрений	7,3	9,4	10,9	15,1	20,8	63,5	36,51
N <sub>90</sub>	5,7	11,3	10,7	17,9	23,2	68,8	31,2
P <sub>90</sub>	5,7	10,7	12,3	16,2	31,0	65,3	34,7
K <sub>120</sub>	2,5	15,0	14,7	20,7	19,4	72,7	27,3
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	3,1	14,6	16,0	22,4	20,1	76,2	83,8
P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	2,1	13,8	15,8	20,9	18,3	70,9	29,1
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	7,6	9,3	16,1	19,7	20,8	73,5	26,5
II схема							
Навоз 20т/га Фон	8,2	10,2	19,0	17,8	25,7	80,9	19,1
N <sub>90</sub> +Фон	7,2	10,5	18,1	16,1	23,6	75,5	24,5
P <sub>90</sub> +Фон	6,4	12,6	16,3	15,4	19,8	70,5	29,5
K <sub>120</sub> +Фон	4,5	14,2	17,7	18,5	17,4	72,3	27,7
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> +Фон	3,6	9,7	18,1	17,9	18,2	67,5	32,5
N <sub>90</sub> K <sub>120</sub> +Фон	4,3	7,6	16,5	20,5	17,6	66,5	36,5
P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> +Фон	2,3	8,0	17,9	19,3	18,2	65,7	34,3
Навоз 30 т/га	3,6	11,3	22,7	22,4	19,4	81,7	18,3

Из таблицы видно, что минеральные и органические удобрения играют важную роль в формировании водопрочных агрегатов. Если, к примеру, в контрольном варианте количество водопрочных агрегатов (>0,25мм), т. е. 1–0,25 мм составляет 63,5 %, то в варианте с минеральными удобрениями – N<sub>90</sub>K<sub>120</sub> количество водопрочных агрегатов возрастает до 78,1 %, в них по количеству преобладали агрегаты размером 7 мм – 6,5 % и 3–0,25 мм – 45,6 %. Однако в варианте, куда вносили только минеральные удобрения, количество водопрочных агрегатов изменяется между 65,3–76,2 %. В варианте, куда вносился навоз в количестве 30 т/га, возрастает масса водопрочных агрегатов до 81,7 %. В этом варианте преобладали частицы размером 3–0,25 мм, составляющие 64,5 %. В среднем в этой опытной схеме количество водопрочных агрегатов изменяется между 66,5–75,5 %.

Если сравнить две схемы между собой по количеству водопрочных агрегатов, то наилучшие показатели в первой схеме получены в варианте N<sub>90</sub>K<sub>120</sub>, где количество водопрочных агрегатов составляет 78,1 %. Во второй схеме наилучшие результаты получены в варианте, куда вносился навоз в количестве 30 т/га. При этом масса водопрочных агрегатов увеличивается до 81,7 %.

### Заключение

Установлено, что внесение в почву органических и минеральных удобрений увеличивает количество водопрочных агрегатов изучаемых горных черноземов. В первой схеме наилучший эффект получен в варианте с минеральными удобрениями N<sub>90</sub>K<sub>120</sub>, где количество водопрочных агрегатов составляет 78,1 %. Во второй схеме наилучшие результаты получены в варианте, куда вносили 30 т/га навоза. В этом варианте количество водопрочных агрегатов возрастает до 81,7 %.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М., 1970. – С. 392–394.
2. Алиева, А. П. Сохранение плодородия почв в условиях Абшера под зернобобовыми культурами / А. П. Алиева // Матер. Респ. науч. конф. – Баку, ВГУ, 2013. – С. 333–341.
3. Воронина, Л. П. Влияние на содержание азота в растениях и аминокислотный состав надземной органов ячменя / Л. П. Воронина, А. Л. Кирушина, А. В. Ксенофонтов // Агрохимия. – 2018. – № 9. – С. 14–20.
4. Исмаилова, С. Г. Влияние органических и минеральных удобрений на превращение азотистых соединений в листьях томата. Межд. Практическая конференция «Агрохимические и агроэкологические проблемы повышения плодородия почв и использования удобрений» / С. Г. Исмаилова. – Львов: ЛНГУ, 2015. – С. 248–254.
5. Кауричев, И. С. Почвоведение / И. С. Кауричев. – М. Агропроиздат, 1989. – 718 с.
6. Овчинников, М. Ф. Изменение характеристики гумуса в гранулометрических фракциях осушенных дерново-подзолистых почв в зависимости от специфики агрометрических воздействий / М. Ф. Овчинников // Агрохимия. – 2018. – № 9. – С. 3–14.
7. Паутова, Н. Б. Определение активного органического вещества в свежем подстилочном навозе биогинетическим методом / Н. Б. Паутова, Н. А. Семенова, Д. Г. Хромычкина // Агрохимия. – 2018. – № 9. – С. 20–29.

*Научно-методический журнал «Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии» публикует результаты научных исследований сотрудников УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», других научных учреждений и организаций в области аграрной экономики, земледелия, селекции, растениеводства, мелиорации и землеустройства, механизации и сельскохозяйственно-го машиностроения, инновационных образовательных технологий.*

## **ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ**

Научная статья, написанная на белорусском, русском или английском языках, должна являться оригинальным произведением, неопубликованным ранее в других изданиях.

Статья присылается в редакцию в распечатанном виде на бумаге формата А4 и в электронном варианте отдельным файлом на флеш-карте, либо высылается на электронный адрес редакции: vestnik-bгаа@yandex.ru.

**К статье должны быть приложены: рецензия-рекомендация** специалиста в соответствующей области, кандидата или доктора наук; **сопроводительное письмо** дирекции или ректората соответствующего учреждения (организации); **контактная информация:** фамилия, имя, отчество автора, занимаемая должность, ученая степень и звание, полное наименование учреждения (организации) с указанием города или страны, номер телефона и адреса (почтовый и электронный). Если статья написана коллективом авторов, сведения должны подаваться по каждому из них отдельно.

**Требования, предъявляемые к оформлению статей:** объем 14000–16000 печатных знаков (считая пробелы, знаки препинания, цифры и т.п., или 4–5 страниц воспроизведенного авторского иллюстрационного материала); набор в текстовом редакторе **Microsoft Word**, шрифт **Times New Roman**, размер шрифта 11, через 1 интервал, абзацный отступ 0,5 см; список литературы, аннотация, таблицы, а также индексы в формулах набираются 9 шрифтом; поля: верхнее, левое и правое – 20 мм, нижнее – 25 мм, страницы не должны быть пронумерованы: номера страниц проставляются карандашом на оборотной стороне листа; ориентация страниц только книжная; использование автоматических концевых и обычных сносок в статье не допускается; **таблицы** набираются непосредственно в программе Microsoft Word и нумеруются последовательно, ширина таблиц – 100 %; **формулы** составляются в редакторе формул MathType (собственным редактором формул Microsoft Office 2007 и выше пользоваться нельзя, т. к. в редакционно-издательском процессе он не поддерживается); греческие буквы необходимо набирать прямо, латинские – курсивом; **рисунки** вставляются в текст в формате JPEG или TIFF (разрешение 300–600 dpi, формат не более 100x150 мм); **список литературы** должен быть оформлен в соответствии с действующими требованиями Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь; ссылки на цитируемую в статье литературу нумеруются в порядке цитирования, порядковые номера ссылок пишутся внутри квадратных скобок с указанием страницы (например, [1, с. 125], [2]). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

### **Структура статьи:**

**индекс** по Универсальной десятичной классификации (УДК);

**название** должно отражать основную идею выполненных исследований, быть по возможности кратким;

**инициалы и фамилия автора (авторов);**

**аннотация** (200–250 слов) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для опубликования в аннотациях к журналам отдельно от статьи;

**ключевые слова** (рекомендуемое количество – 5–7);

**введение** должно указывать на нерешенные части научной проблемы, которой посвящена статья, сформулировать ее цель (содержание введения должно быть понятным также и неспециалистам в исследуемой области);

**анализ источников**, используемых при подготовке научной статьи, должен свидетельствовать о достаточно глубоком знании автором (авторами) научных достижений в избранной области, автору (авторам) необходимо выделить новизну и свой вклад в решение научной проблемы, следует при этом ссылаться на оригинальные публикации последних лет, включая и зарубежные; **а также учитывать опыт ученых БГСХА, что должно быть отражено при оформлении пристатейного списка литературы;** здесь же указывается цель исследования;

**основная часть** статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами), полученные

результаты должны быть проанализированы с точки зрения их достоверности и научной новизны и сопоставлены с соответствующими **известными** данными;

**заключение** должно в сжатом виде показать основные полученные результаты с указанием их научной новизны и ценности, а также возможного применения с указанием при необходимости границ этого применения.

В конце статьи автору (авторам) необходимо поставить дату и подпись.

*Редколлегия оставляет за собой право отклонять статьи, не соответствующие профилю и требованиям журнала, содержащие устаревшие (5–7-летней давности) результаты исследований, однолетние данные и оформленные не по правилам.*

*Статьи аспирантов, докторантов и соискателей последнего года обучения публикуются вне очереди при условии их полного соответствия данным требованиям. Единоличные статьи аспирантов, докторантов и соискателей предоставляются с подписью научного руководителя.*

*Редакционная коллегия журнала осуществляет дополнительное рецензирование поступающих рукописей статей (двойное слепое рецензирование: автор не знает рецензента, рецензент не знает автора). Возвращение статьи автору на доработку не означает, что она принята к печати, переработанный вариант снова рассматривается редколлекцией.*

*Датой поступления считается день получения редакцией окончательного варианта статьи. Редакция может принять решение о публикации статьи без рецензирования, если качество представленного исследования дает достаточно оснований для такой оценки. Публикация статей в журнале бесплатная. Ответственность за точность представленных материалов несут авторы и рецензенты, за направление в редакцию уже ранее опубликованных статей или статей, принятых к печати другими изданиями, – авторы.*

*Подавая статью в редакцию журнала, автор подтверждает, что редакции передается бессрочное право на оформление, издание, передачу журнала с опубликованным материалом автора для целей реферирования статей из него в любых Базах данных, распространение журнала/авторских материалов в печатных и электронных изданиях, включая размещение на выбранных, либо созданных редакцией сайтах в сети интернет, в целях доступа к публикации любого заинтересованного лица из любого места и в любое время, перевод статьи на любые языки, издание оригинала и переводов в любом виде и распространение по территории всего мира, в том числе по подписке.*

*Статьи, не отвечающие вышеперечисленным требованиям, редакцией не рассматриваются (без дополнительного информирования автора).*

*Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить редакционную правку.*

## Редакционный совет

**Великанов В. В.**, кандидат ветеринарных наук, доцент, ректор учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

**Есполов Т. И.**, доктор экономических наук, профессор, академик Казахской ААН, ректор НАО «Казахский национальный аграрный университет».

**Николаенко С. Н.**, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник образования Украины, ректор Национального университета биоресурсов и природопользования Украины.

**Мицкевич Б.**, доктор экономических наук, профессор, декан экономического факультета Западнопоморского технологического университета.

**Макаш Ш.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой медицинских и ароматических растений Западновенгерского университета.

**Джафаров И. Г.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ректор Азербайджанского государственного аграрного университета, член-корреспондент НАН Азербайджана.

## Редакционная коллегия

**Главный редактор Великанов В. В.**, кандидат ветеринарных наук, доцент, ректор учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

**Зам. главного редактора Колмыков А. В.**, доктор экономических наук, доцент, первый проректор.

## Члены редколлегии

**Буць В. И.**, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры математического моделирования экономических систем агропромышленного комплекса.

**Бушуева В. И.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры селекции и генетики.

**Вильдфлуш И. Р.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агрохимии, лауреат Государственной премии Республики Беларусь.

**Демичев Д. М.**, доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой теории и истории права учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет».

**Дубежинский Е. В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий межвузовской научно-исследовательской лабораторией мониторинга и управления качеством высшего аграрного образования.

**Желязко В. И.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой мелиорации и водного хозяйства.

**Карташевич А. Н.**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов, автомобилей и машин для природообустройства.

**Ленькова Р. К.**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры математического моделирования экономических систем агропромышленного комплекса.

**Лихацевич А. П.**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, главный научный сотрудник РУНИП «Институт мелиорации НАН Беларуси».

**Персикова Т. Ф.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения.

**Петровец В. Р.**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой механизации растениеводства и практического обучения.

**Тибец Ю. Л.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, проректор по научной работе.

**Цыганов А. Р.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, первый проректор учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», академик НАН Беларуси, академик РАСХН, лауреат Государственной премии Республики Беларусь и премии Национальной академии наук Беларуси.

**Фрейдин М. З.**, кандидат экономических наук, профессор, профессор кафедры маркетинга, заслуженный экономист БССР.

**Шаршунов В. А.**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры техносферной деятельности и общей физики учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», член-корреспондент НАН Беларуси, заслуженный деятель науки Республики Беларусь.

**Шейко И. П.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик НАН Беларуси, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, первый заместитель генерального директора РУП «НПЦ по животноводству НАН Республики Беларусь».

**Шелюто Б. В.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры кормопроизводства и хранения продукции растениеводства.

**Ведущий редактор Савчиц Е. П.**

**Редактор технической Серякова Т. В.**

**Английский перевод Щербов А. В.**

*Подписные индексы: 75037 – индивидуальный, 750372 – ведомственный.*

*Подписку можно оформить в любом отделении связи*

*Адрес редакции:*

*213407, Республика Беларусь, Могилевская область, г. Горки,*

*ул. Мичурина, 5, корпус № 9, аудитория 528. Тел. (8-02233) 7-96-99*

*e-mail: vestnik-bgaa@yandex.ru*

© *Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2023*

---

*Подписано в печать 07.06.2023 Формат 60/84<sup>1/8</sup>*

*Усл. печ. л. 24,41 Уч.-изд. л. 21,95 Заказ Тираж 50 экз.*

*Отпечатано с оригинал-макета в отделении ризографии и художественно-оформительских работ центра научно-методического обеспечения учебного процесса УО БГСХА*

*213407, Могилевская область, г. Горки, ул. Мичурина, 5*