

# ВЕСТНИК

## БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

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

2021 № 3

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>А. А. Гайдуков.</b> Роль земельных ресурсов в обеспечении прироста валовой продукции сельского хозяйства крестьянских (фермерских) хозяйств и хозяйств населения Республики Беларусь .....	5
<b>В. В. Краснова, А. С. Фоменко.</b> Особенности организационно-операционной деятельности вертикально интегрированных агропромышленных корпораций .....	10
<b>В. В. Цвирков, В. Н. Босак.</b> Перспективные направления ведения аграрного бизнеса в условиях ландшафтно-усадебных поселений .....	15
<b>И. В. Журова.</b> Рекомендации по повышению эффективности деятельности сельскохозяйственных организаций Могилевской области по производству овощей открытого грунта .....	20
<b>Б. М. Шундалов.</b> Полевое кормопроизводство Беларуси: состояние отрасли, производительность труда, результативность работы .....	24
<b>А. В. Грибов, В. Н. Кулаков, П. Мишгаль.</b> Понятие и типология свободных экономических зон .....	30

#### *ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО*

<b>Л. Д. Глушенко, М. П. Сокирко, Р. В. Оленик, А. И. Лень, В. М. Тоцкий.</b> Влияние природных и антропогенных факторов на уровень продуктивности кукурузы при бессменном выращивании .....	36
<b>С. П. Коцюба.</b> Изучение изменчивости инбредных линий кукурузы в условиях центральной Украины .....	41
<b>Т. Г. Товстановская, В. А. Лях.</b> Наследуемость признаков габитуса у межвидовых гибридов льна масличного .....	45
<b>А. А. Запрудский.</b> Формирование урожайности зерна и зеленой массы кормовых бобов при различных нормах и способах посева в условиях центральной части Беларуси .....	50
<b>Ю. А. Миренков, А. В. Папсуев.</b> Физико-химическая совместимость в баковых смесях гербицидов, применяемых в посевах кукурузы .....	56
<b>Ф. А. Гулиев, Л. А. Гусейнова.</b> Некрозы листьев и плодов гранатовых кустов в условиях западной части Азербайджана .....	61
<b>А. Н. Павловская, Я. Э. Пилюк, О. А. Пикун, А. В. Бакановская.</b> Особенности наследования высоты растений короткостебельных гибридов ярового рапса .....	67
<b>Г. Н. Куркина, Д. Н. Володькин, Н. С. Степаненко.</b> Влияние минеральных удобрений на продуктивность кукурузы при повторном ее возделывании .....	72
<b>Г. А. Новик, А. М. Криворот.</b> Оценка пригодности промышленных сортов земляники садовой к изготовлению продуктов переработки .....	77
<b>С. Шох, Л. Шубенко, Ж. Вдовиченко.</b> Оценка признаков холодоустойчивости и раннего созревания стерильных форм томата .....	83

Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков, Д. В. Гатальская, П. Ю. Малышкин. Влияние метеорологических условий на длину вегетационного периода люпина .....	87
Н. Н. Кутищева, Л. И. Шудря, С. И. Одинец. Оценка адаптивной способности и стабильности гибридов подсолнечника .....	92
О. С. Радовня, В. И. Кравцов, В. А. Радовня. Продуктивность и структура компонентов двойного межлинейного гибрида кукурузы Полесский 212СВ .....	97
В. В. Скорина, И. Г. Кохтенкова. Хозяйственно биологическая оценка новых сортов чеснока озимого ( <i>Allium Sativum L.</i> ) .....	102
В. А. Емелин, Б. В. Шелюто. Продуктивность силфики пронзеннолистной в зависимости от последствий удобрений, периодичности подкормок и доз азота на седьмой год жизни посевов .....	107
Е. И. Коготько. Влияние макро-, микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата на элементы структуры и урожайность яровой пшеницы .....	113
И. Р. Вильдлуш, Е. И. Коготько. Динамика накопления элементов питания яровой пшеницей в зависимости от сорта и удобрений .....	117
В. А. Волынцева, В. И. Бушуева, Т. Л. Хроменкова. Организационно-технологические факторы возделывания галеги восточной в условиях орошения .....	122
Н. В. Дыдышко, Т. В. Никонович. Биохимический состав и урожайность сортов и гибридов перца острого .....	132

### **МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ**

А. В. Китун, П. Ю. Крупенин. Методика анализа результатов диагностирования вакуумных насосных станций доильных установок .....	136
Р. С. Даргель, В. А. Шапорев, Е. В. Сулима. Определение рационального угла опережения впрыскивания топлива на дизельном двигателе 4ЧН 11,0/12,5 при работе на смесях дизельного топлива с сурепным маслом .....	141
В. И. Коцуба, К. Л. Пузевич, В. В. Пузевич, В. М. Кузюр. Анализ машин для посева под мульчирующую пленку и обоснование движения их рабочих органов .....	146
А. М. Кулик, П. Ю. Крупенин, С. В. Курзенков. Результаты отсеивающего эксперимента по обработке торфа кавитационным диспергатором при получении гуминовых кислот .....	151
В. И. Коцуба, Е. В. Сулима, Р. С. Даргель, В. М. Кузюр. Совершенствование метода оценки пневмоплотности цилиндропоршневой группы дизельного двигателя .....	158
В. А. Шапорев, Р. С. Даргель, Е. В. Сулима. Применение газомоторного топлива на тракторном дизеле 4ЧН 11,0/12,5 .....	164
В. М. Поздняков, С. А. Зеленко, А. И. Ермаков. Повышение эффективности предпосевной подготовки семян льна за счет применения прямоточного вибропневматического сепаратора .....	170
Д. А. Михеев, В. Н. Исаченко. Инкрустирование семян рапса минеральным составом на основе трепела с добавлением бора .....	176
Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц, А. И. Филиппов, К. Л. Пузевич. Комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат для высокопроизводительного посева зерновых и других культур .....	181
В. В. Сысоев. Анализ конструкций камнеуборочных машин .....	186

### **МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО**

А. В. Колмыков, А. Н. Авдеев. Производственный и почвенно-агроклиматический потенциалы сельскохозяйственных организаций Минской области .....	191
Д. А. Дрозд, Ю. В. Алехина. Водопотребление и режим орошения сортов клевера лугового различных групп спелости .....	201

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В. В. Великанов, Н. Г. Трапянок. Облик современного ученого: престиж профессии и привлекательность научно-исследовательского труда (по материалам социологических опросов) .....	207
--	-----

### **ИЗ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА**

В. В. Великанов, С. А. Носкова, В. Н. Босак. Международное сотрудничество УО БГСХА – Казахстанский вектор .....	212
---	-----

### **ОБЗОРЫ, ФРАГМЕНТЫ, РЕЦЕНЗИИ**

М. З. Фрейдин. Рецензия на монографию профессора Ф. В. Зиновьева «Становление и развитие научной школы» .....	216
---	-----

# BULLETIN

## OF THE BELARUSSIAN STATE AGRICULTURAL ACADEMY

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

2021 № 3

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>A. A. Gaidukov.</b> The role of land resources in providing the growth of gross agricultural produce of farms and households in the Republic of Belarus.....	5
<b>V.V. Krasnova, A.S. Fomenko.</b> Specific features of organizational-operational activities of vertically integrated agro-industrial corporations.....	10
<b>V.V. Tsvirkov, V.N. Bosak.</b> Promising directions of conducting agricultural business in the conditions of landscape-estate settlements.....	15
<b>I. V. Zhurova.</b> Recommendations for increased efficiency of activity of agricultural organizations in Mogilev region producing open ground vegetables.....	20
<b>B. M. Shundalov.</b> Field fodder production in Belarus: the state of the branch, labour productivity, work efficiency....	24
<b>A. V. Gribov, V. N. Kulakov, P. Mishtal.</b> The concept and typology of free economic zones.....	30

#### *FARMING AND PLANT-GROWING*

<b>L. D. Glushchenko, M. P. Sokirko, R. V. Olepir, A. I. Len, V. M. Totskii.</b> The influence of natural and anthropogenic factors on the level of corn productivity during continuous cultivation.....	36
<b>S. P. Kotsiuba.</b> The study of variability of inbred lines of corn in the conditions of central Ukraine.....	41
<b>T. G. Tovstanovskaia, V. A. Liakh.</b> Inheritance of habitus characteristics in interspecific hybrids of oil flax..	45
<b>A. A. Zaprudskii.</b> Formation of yield of grain and green mass of fodder beans with different norms and methods of sowing in the conditions of the central part of Belarus.....	50
<b>Iu. A. Mirenkov, A. V. Papsuev.</b> Physical-chemical compatibility in tank mixtures of herbicides applied in corn crops.....	56
<b>F. A. Guliev, L. A. Guseinova.</b> Necrosis of leaves and fruits of pomegranate bushes in the conditions of the western part of Azerbaijan.....	61
<b>A. N. Pavlovskaja, Ia. E. Piliuk, O. A. Pikun, A. V. Bakanovskaia.</b> Specific features of inheriting the height of plant of short-stem hybrids of spring rapeseed.....	67
<b>G. N. Kurkina, D. N. Volodkin, N. S. Stepanenko.</b> The influence of mineral fertilizers on the productivity of corn during its repeated cultivation.....	72
<b>G. A. Novik, A. M. Krivorot.</b> Estimation of suitability of industrial varieties of garden strawberry for making processed products.....	77

<b>S. Shokh, L. Shubenko, ZH. Vdovychenko.</b> Evaluation of cold resistance and early ripening traits in sterile forms of tomatoes .....	83
<b>Iu. S. Malyshkina, E. V. Ravkov, D. V. Gatalskaia, P. Iu. Malyshkin.</b> The influence of meteorological conditions on the duration of vegetation period of lupine .....	87
<b>N. N. Kutishcheva, L. I. Shudria, S. I. Odinetz.</b> Estimation of adaptability and stability of sunflower hybrids .....	92
<b>O. S. Radovnia, V. I. Kravtsov, V. A. Radovnia.</b> The productivity and structure of components of double interlinear corn hybrid Polesskiy 212SV .....	97
<b>V. V. Skorina, I. G. Kokhtenkova.</b> Economically-biological evaluation of new varieties of winter garlic ( <i>Allium sativum</i> L.) .....	102
<b>V. A. Emelin, B. V. Sheliuto.</b> Productivity of <i>Silphium perfoliatum</i> depending on the after-effect of fertilizers, the rate of dressing and nitrogen doses on the seventh year of crop life .....	107
<b>E. I. Kogotko.</b> The influence of macro- and micro-fertilizers, growth regulators and biopreparations on the elements of structure and productivity of spring wheat .....	113
<b>I. R. Vildflush, E. I. Kogotko.</b> The dynamics of accumulation of nutrition elements by spring wheat depending on the variety and fertilizers .....	117
<b>V. A. Volyntseva, V. I. Bushueva, T. L. Khromenkova.</b> Organizational-technological factors of cultivating <i>galega orientalis</i> under irrigation conditions .....	122
<b>N. V. Dydyshko, T. V. Nikonovich.</b> Biochemical composition and yield of varieties and hybrids hot pepper ..	132

### *MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING*

<b>A. V. Kitun, P. Iu. Krupenin.</b> Methods of analysis of results of diagnosing vacuum pumping stations of milking machines .....	136
<b>R. S. Dargel, V. A. Shaporev, E. V. Sulima.</b> Determination of the rational angle of fuel injection advance in diesel engine 4ChN 11.0/12.5 working on mixtures of diesel fuel with rapeseed oil .....	141
<b>V. I. Kotsiuba, K. L. Puzevich, V. V. Puzevich, V. M. Kuziur.</b> Analysis of machines for sowing under mulching film and substantiation of their working organs movement .....	146
<b>A. M. Kulik, P. Iu. Krupenin, S. V. Kurzenkov.</b> Results of a screening experiment on the processing of peat with a cavitation disperser for the production of humic acids .....	151
<b>V. I. Kotsiuba, E. V. Sulima, R. S. Dargel, V. M. Kuziur.</b> Improvement of the method of estimation of pneumatic density of cylinder-piston group of a diesel engine .....	158
<b>V. A. Shaporev, R. S. Dargel, E. V. Sulima.</b> Application of gas-motor fuel on tractor diesel 4ChN 11.0/12.5 .....	164
<b>V. M. Pozdniakov, S. A. Zelenko, A. I. Ermakov.</b> Increased efficiency of pre-sowing treatment of flax seeds due to the application of direct-flow vibro-pneumatic separator .....	170
<b>D. A. Mikheev, V. N. Isachenko.</b> Rape seeds incrustation with mineral compound on the basis of kizelgur with addition of boron .....	176
<b>N. D. Lepeshkin, V. V. Mizhurin, D. V. Zaiats, A. I. Filippov, K. L. Puzevich.</b> Combined soil-cultivation-sowing device for highly productive sowing of cereals and other crops .....	181
<b>V. V. Sysoev.</b> Analysis of designs of stone-removing machines .....	186

### *MELIORATION AND LAND USE PLANNING*

<b>A. V. Kolmykov, A. N. Avdeev.</b> Production and soil-agroclimatic potentials of agricultural organizations in Minsk region .....	191
<b>D. A. Drozd, Iu. V. Alekhina.</b> Water consumption and irrigation regime of varieties of meadow clover of different ripeness groups .....	201

### *INNOVATIVE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES*

<b>V. V. Velikanov, N. G. Trapianok.</b> The image of a modern scientist: the prestige of the profession and the attractiveness of research work (based on sociological surveys) .....	207
--	-----

### *FROM THE INTERNATIONAL EXPERIENCE*

<b>V. V. Velikanov, S. A. Noskova, V. N. Bosak.</b> International cooperation of educational establishment 'Belarusian State Agricultural Academy' – Kazakhstan vector .....	212
--	-----

### *SURVEYS. FRAGMENTS. REVIEWS.*

<b>M. Z. Freidin.</b> Review on the monograph of professor F.V. Zinovev «Formation and development of a scientific school» .....	216
--	-----

## АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 338.436.33

### РОЛЬ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРИРОСТА ВАЛОВОЙ ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КРЕСТЬЯНСКИХ (ФЕРМЕРСКИХ) ХОЗЯЙСТВ И ХОЗЯЙСТВ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. А. ГАЙДУКОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: haidukou@list.ru

(Поступила в редакцию 14.05.2021)

*Обеспечение национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь осуществляется экономической деятельностью всех категорий сельскохозяйственных товаропроизводителей: сельскохозяйственных организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств и хозяйств населения. Каждая категория имеет свои преимущества и занимает соответствующее место в аграрном секторе экономики страны. Крестьянские (фермерские) хозяйства и хозяйства населения более восприимчивы к потребностям покупателей, имеют возможность применять гибкую ценовую политику и отличаются сравнительно меньшими управленческими затратами. Это дает им возможность на протяжении продолжительного времени динамично развиваться и вносить значимый вклад в обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства и сельских территорий.*

*Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод о том, что приоритетным в развитии крестьянских (фермерских) хозяйств является экстенсивный путь, связанный с увеличением их численности и расширением площадей сельскохозяйственных земель. В меньшей мере прирост производства продукции достигается за счет повышения эффективности использования земельных ресурсов. Уменьшение численности сельского населения в республике сопровождается снижением численности личных подсобных хозяйств и, в целом, хозяйств населения с сокращением площадей сельскохозяйственных земель. В отдельные годы влияние данного фактора на уменьшение производства продукции компенсируется высокой эффективностью использования земельных ресурсов.*

**Ключевые слова:** *крестьянские (фермерские) хозяйства, хозяйства населения, малые формы хозяйствования, эффективность, валовая продукция, анализ, факторы.*

*Ensuring the national food security of the Republic of Belarus is carried out by the economic activities of all categories of agricultural producers: agricultural organizations, peasant (farmer) households and households. Each category has its own advantages and occupies a corresponding place in the agricultural sector of the country's economy. Peasant (farming) households and households are more receptive to the needs of buyers, have the opportunity to apply a flexible pricing policy and are distinguished by relatively lower management costs. This gives them the opportunity to develop dynamically for a long time and make a significant contribution to the sustainable development of agriculture and rural areas.*

*The results of the study allow us to conclude that the priority in the development of peasant (farm) households is an extensive path associated with an increase in their number and expansion of agricultural land. To a lesser extent, the increase in production is achieved by increasing the efficiency of the use of land resources. A decrease in rural population in the republic is accompanied by a decrease in the number of personal subsidiary plots and, in general, households of the population with a reduction in the area of agricultural land. In some years, the influence of this factor on the decrease in production is compensated by the high efficiency of the use of land resources.*

**Key words:** *peasant (farm) households, households, small businesses, efficiency, gross output, analysis, factors.*

#### Введение

Обеспечение национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь в плане наиболее полного обеспечения всех групп населения продовольственными товарами собственного производства осуществляется сельскохозяйственными организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и хозяйствами населения. Несмотря на то, что основополагающая роль в выполнении указанной выше задачи принадлежит крупнотоварным сельскохозяйственным организациям, значительный вклад в ее решение вносят малые формы хозяйствования, которые включают крестьянские (фермерские) хозяйства и личные подсобные хозяйства, как основная часть хозяйств населения. В 2019 г. на долю данных категорий хозяйств приходилось более 20 % валовой продукции сельского хозяйства, произведенной в Республике Беларусь [1–8].

Малые формы хозяйствования аграрного сектора имеют возможность более гибко и быстро адаптироваться к рыночным условиям, что создает предпосылки для взаимовыгодного сотрудничества с другими субъектами сельскохозяйственного производства. Как правило, они более восприимчивы к потребностям покупателей, имеют возможность применять гибкую ценовую политику и отличаются сравнительно меньшими управленческими затратами [1, 4, 5, 9].

Несмотря на то, что крестьянские (фермерские) хозяйства и хозяйства населения во многом схожи по размерам и структуре производства, они имеют ряд принципиальных особенностей ведения хозяйственной деятельности. Эти различия, на наш взгляд, оказывают существенное влияние как на результаты производственной деятельности в отдельные годы, так и на тенденции развития каждой из категорий хозяйств. Это обуславливает необходимость исследования динамики результатов производства крестьянских (фермерских) хозяйств и хозяйств населения, а также факторов, ее обуславливающих.

### Основная часть

В современных условиях крестьянские (фермерские) хозяйства и хозяйства населения, занимая значимое место в аграрной экономике страны, сформировали соответствующие условия функционирования, которые позволяют им достигать высокого уровня развития. В большинстве видов деятельности они не составляют конкуренцию крупнотоварным сельскохозяйственным организациям, а последовательно развиваются в приоритетных направлениях. Тем не менее, на наш взгляд, потенциал и крестьянских (фермерских) хозяйств и хозяйств населения в настоящее время используется не в полной мере. Об этом свидетельствуют данные о динамике произведенной в них валовой продукции сельского хозяйства (табл. 1).

Таблица 1. Динамика валовой продукции сельского хозяйства в крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения (в действующих ценах)

Годы	Крестьянские (фермерские) хозяйства			Хозяйства населения		
	Валовая продукция, млн руб.	к предыдущему году		Валовая продукция, млн руб.	к предыдущему году	
Абсолютный прирост, млн руб.		Темп роста, %	Абсолютный прирост, млн руб.		Темп роста, %	
2009	22,6	–	–	815,9	–	–
2010	36,7	14,1	162,4	1288,5	472,6	157,9
2011	74,8	38,1	203,8	1546,3	257,8	120,0
2012	105,2	30,4	140,6	2333,0	786,7	150,9
2013	153,4	48,2	145,8	2146,5	– 186,5	92,0
2014	221,2	67,8	144,2	2681,5	535,0	124,9
2015	259,6	38,4	117,4	2681,2	– 0,3	100,0
2016	291,0	31,4	112,1	2942,0	260,8	109,7
2017	366,0	75,0	125,8	3374,0	432,0	114,7
2018	414,0	48,0	113,1	3520,0	146,0	104,3
2019	556,0	142,0	134,3	3619,0	99,0	102,8
Среднее	227,3	53,3	137,8	2449,8	280,3	116,1

Примечание. Расчеты автора на основании источников [8, 10].

Таким образом, в исследуемом периоде наблюдается последовательный рост валовой продукции сельского хозяйства во всех категориях хозяйств. Исключением является снижение стоимости произведенной продукции хозяйствами населения в 2013 и 2015 гг. Средний ежегодный прирост валовой продукции в крестьянских (фермерских) хозяйствах составил 53,3 млн руб. или 37,8 %, в хозяйствах населения – 280,3 млн руб., или 16,1 %. В среднем за указанный период хозяйствами населения производилось продукции сельского хозяйства в 10,8 раза больше, чем в крестьянских (фермерских) хозяйствах. Тем не менее, превышение среднего темпа прироста валовой продукции в крестьянских (фермерских) хозяйствах по сравнению с хозяйствами населения привело в 2019 г. к соотношению стоимости произведенной ими продукции 6,5/1.

Наибольший прирост валовой продукции сельского хозяйства во всех категориях наблюдается в первые годы исследуемого периода при достаточно высоком уровне инфляции. В этой связи целесообразным является оценка динамики данного показателя в сопоставимых ценах. Данные для соответствующего анализа приведены в табл. 2.

Данные, представленные в табл. 2, свидетельствуют о том, что в крестьянских (фермерских) хозяйствах наблюдается последовательный прирост валовой продукции в постоянных ценах. Наибольший прирост стоимости произведенной продукции сельского хозяйства в абсолютном выражении получен в 2019 г. и составил 95,3 млн руб. В относительном выражении валовая продукция максимально возросла в 2011 г. по сравнению с 2010 г. на 45,4 %. Средний прирост производства продук-

ции сельского хозяйства в данной категории хозяйств в исследуемом периоде составил 39,6 млн руб. или 13,2 %.

Таблица 2. Динамика валовой продукции сельского хозяйства в крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения (в постоянных ценах 2019 г.)

Годы	Крестьянские (фермерские) хозяйства			Хозяйства населения		
	Валовая продукция, млн руб.	к предыдущему году		Валовая продукция, млн руб.	к предыдущему году	
		Абсолютный прирост, млн руб.	Темп роста, %		Абсолютный прирост, млн руб.	Темп роста, %
2009	160,3	–	–	3644,2	–	–
2010	179,0	18,7	111,7	3774,1	129,9	103,6
2011	260,2	81,2	145,4	3803,1	29,0	100,8
2012	273,1	12,9	105,0	3983,7	180,6	104,7
2013	284,1	11,0	104,0	3734,0	–249,7	93,7
2014	332,4	48,3	117,0	3765,1	31,1	100,8
2015	352,7	20,3	106,1	3594,8	–170,3	95,5
2016	404,4	51,7	114,7	3755,8	161,0	104,5
2017	447,1	42,7	110,6	3744,6	–11,2	99,7
2018	460,7	13,6	103,0	3713,3	–31,3	99,2
2019	556,0	95,3	120,7	3619,0	–94,3	97,5
Среднее	337,3	39,6	113,2	3739,2	–2,5	99,9

Примечание. Расчеты автора на основании источников [8, 10].

В хозяйствах населения в 2019 г. по сравнению с 2009 г. допущено снижение стоимости произведенной продукции в постоянных ценах. В среднем ежегодно за данный период уменьшение валовой продукции составило 2,5 млн руб., или 0,1 %. Значительное уменьшение валовой продукции наблюдается в 2013 и 2015 гг. Также хозяйства населения допустили снижение стоимости произведенной продукции сельского хозяйства в период 2017–2019 гг. Тем не менее, снижение темпа роста валовой продукции в крестьянских (фермерских) хозяйствах и незначительное снижение валовой продукции в хозяйствах населения вызвали более существенное различие в соотношении стоимости продукции между категориями хозяйств (11,1/1).

Последовательное развитие крестьянских (фермерских) хозяйств во многом обусловлено их высоким потенциалом и связано с ростом численности. Снижение численности сельского населения, в том числе трудоспособного, в свою очередь вызывает уменьшение хозяйств населения и соответствующее уменьшение в них производства продукции. Кроме того, значительное воздействие на изменение стоимости произведенной продукции во всех категориях хозяйств оказывает величина используемых земельных ресурсов и эффективность их использования. Для оценки количественного влияния указанных факторов на изменение валовой продукции в крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения Республики Беларусь использована следующая факторная модель:

$$ВП = S \cdot У_{п}, \quad (1)$$

где ВП – валовая продукция сельского хозяйства, млн руб.; S – площадь сельскохозяйственных земель соответствующей категории хозяйств, тыс. га; У<sub>п</sub> – уровень производства валовой продукции, тыс. руб./га.

Результаты анализа влияния факторов на изменение валовой продукции в динамике представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты факторного анализа валовой продукции в крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения (в постоянных ценах 2019 г.)

Период	Прирост валовой продукции, млн руб.:					
	в крестьянских (фермерских) хозяйствах			в хозяйствах населения		
	всего	в том числе за счет:		всего	в том числе за счет:	
S		У <sub>п</sub>	S		У <sub>п</sub>	
2009–2010 гг.	18,7	9,7	9,0	129,9	– 171,3	301,2
2010–2011 гг.	81,2	21,8	59,4	29,0	– 90,9	119,9
2011–2012 гг.	12,9	21,7	– 8,8	180,6	– 91,6	272,2
2012–2013 гг.	11,0	15,1	– 4,1	– 249,7	– 84,5	– 165,2
2013–2014 гг.	48,3	16,2	32,1	31,1	– 89,3	120,4
2014–2015 гг.	20,3	21,2	– 0,9	– 170,3	– 145,3	– 25,0
2015–2016 гг.	51,7	17,1	34,6	161,0	– 60,4	221,4
2016–2017 гг.	42,7	21,3	21,4	– 11,2	– 67,0	55,8
2017–2018 гг.	13,6	34,0	– 20,4	– 31,3	– 127,5	96,2
2018–2019 гг.	95,3	49,3	46,0	– 94,3	– 216,8	122,5
2009–2019 гг.	395,7	227,4	168,3	–25,2	–1144,6	1119,4

Примечание. Расчеты автора на основании источников [8, 10].

Результаты анализа, представленные в табл. 3, свидетельствуют о том, что последовательное увеличение площади сельскохозяйственных земель в крестьянских (фермерских) хозяйствах вызывало соответствующее увеличение валовой продукции на протяжении всего исследуемого периода. В целом влияние данного фактора обусловило прирост стоимости продукции сельского хозяйства в данной категории хозяйств в размере 227,4 млн руб. За весь период исследования изменение уровня производства валовой продукции на 1 га сельскохозяйственных земель вызвал прирост стоимости произведенной продукции сельского хозяйства в размере 168,3 млн руб. Тем не менее, в 2012, 2013, 2015 и 2018 гг. в данной категории хозяйств наблюдается снижение эффективности использования земель, что нашло выражение в снижении валовой продукции по сравнению с предшествующими годами. Данное снижение во все годы компенсировалось приростом валовой продукции за счет роста площади сельскохозяйственных земель, в том числе за счет увеличения численности хозяйств.

Следует заметить, что в хозяйствах населения снижение их численности сопровождалось сокращением площадей, используемых в процессе производства сельскохозяйственных земель. В отличие от крестьянских (фермерских) хозяйств на протяжении всего периода данный фактор оказывал отрицательное влияние на изменение валовой продукции. Наибольшее абсолютное снижение стоимости продукции под воздействием данного фактора наблюдается в 2010, 2015 и 2019 гг. Сокращение площадей сельскохозяйственных земель в отдельные годы компенсировалось повышением эффективности их использования. Это наблюдается в 2010, 2011, 2012, 2014 и 2016 гг. В 2013 и 2015 гг. изменение уровня производства валовой продукции в хозяйствах населения вызывало общее снижение валовой продукции. Такое положение в значительной мере обусловлено тем, что нечетные годы являются неблагоприятными для плодородства в Республике Беларусь, а результативность данной отрасли, которая является приоритетной для хозяйств населения, оказывает существенное влияние на общую эффективность в них сельскохозяйственного производства. За весь исследуемый период сокращение хозяйствами населения земельных ресурсов в процессе производства практически компенсировалось ростом эффективности их использования.

В относительном выражении за счет изменения площади сельскохозяйственных земель в крестьянских (фермерских) хозяйствах валовая продукция возросла на 101,2 %, в хозяйствах населения – сократилась на 26,8 %. Повышение эффективности использования сельскохозяйственных земель в указанных категориях хозяйств обусловило прирост валовой продукции на 72,4 % и 35,6 % соответственно. За период 2017–2019 гг. повышение эффективности использования земельных ресурсов в указанных категориях хозяйств вызвало одинаковый прирост валовой продукции – около 9 %.

### **Заключение**

В целом результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие основные выводы:

– крестьянские (фермерские) хозяйства и хозяйства населения на протяжении продолжительного периода сохраняют значимое место в обеспечении продовольственной безопасности Республики Беларусь;

– приоритетным в развитии крестьянских (фермерских) хозяйствах является экстенсивный путь, связанный с увеличением их численности и расширением площадей сельскохозяйственных земель. В меньшей мере прирост производства продукции достигается за счет повышения эффективности использования земельных ресурсов;

– уменьшение численности сельского населения в республике сопровождается снижением численности личных подсобных хозяйств и, в целом, хозяйств населения с сокращением площадей сельскохозяйственных земель. В отдельные годы влияние данного фактора на уменьшение производства продукции компенсируется высокой эффективностью использования земельных ресурсов;

– тенденции развития крестьянских (фермерских) хозяйств в последние годы свидетельствуют о том, что в перспективе они сохраняют свою высокую социально-экономическую роль и будут в дальнейшем способствовать устойчивому развитию аграрного сектора и сельских территорий.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Быков, Н. Н. Современное состояние и перспективы развития малых форм агробизнеса в Республике Беларусь / Н. Н. Быков // Агропанорама. – 2018. – № 4. – С. 44–48.
2. Гайдуков, А. А. Место и роль личных подсобных хозяйств населения в аграрной экономике Республики Беларусь / А. А. Гайдуков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2018. – №4. – С. 9–13.
3. Гайдуков, А. А. Роль хозяйств населения в производстве продукции сельского хозяйства Беларуси и России / А. А. Гайдуков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2020. – № 1. – С. 25–28.
4. О Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы и внесении изменений в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 июня 2014 г. № 585: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 11 марта 2016 г., № 196 // Бизнес-Инфо: Беларусь / ООО «Профессиональные правовые системы», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.

5. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года: постановление: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15 дек. 2017 г., № 962 // Бизнес-Инфо: Беларусь / ООО «Профессиональные правовые системы», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
6. О крестьянском (фермерском) хозяйстве: Закон Респ. Беларусь, 13 февр. 1991 г., № 611-ХП; в ред. Закона Респ. Беларусь от 17 июля 2018 г. № 132-З [Электронный ресурс] // Бизнес-Инфо: Беларусь / ООО «Профессиональные правовые системы», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
7. О личных подсобных хозяйствах граждан: Закон Респ. Беларусь, 11 нояб. 2002 г., № 149-З; в ред. Закона Респ. Беларусь от 28 дек. 2009 г. № 96-З [Электронный ресурс] // Бизнес-Инфо: Беларусь / ООО «Профессиональные правовые системы», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
8. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь: ред. И. В. Медведева [и др.]. – Минск: [б. и.], 2020. – 178 с.
9. Световцева, Т. А. Факторы развития и ограничения эффективного функционирования малого бизнеса в современной институциональной среде / Т. А. Световцева, Э. М. Бостанджян // Известия Юго-Западного гос. ун-та. – 2012. – № 6 (45). – С. 217–221.
10. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь: ред. В. И. Зиновский [и др.]. – Минск: [б. и.], 2014. – 370 с.

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНО ИНТЕГРИРОВАННЫХ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОРПОРАЦИЙ

В. В. КРАСНОВА, А. С. ФОМЕНКО

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»,  
г. Донецк, Украина, 283001

(Поступила в редакцию 16.06.2021)

*Начиная с 60-х гг. XX века, в научной литературе широкое распространение получил термин вертикальной интеграции. Основные принципы организации вертикально-интегрированного производства такие ученые как Дж. Стиглер, М. Портер, Дж. Дэвидсон и Д. Майхелл, М. Аделман, С. С. Губанов, И. Г. Владимирова, С. В. Бочаров и др. определяют в объединении взаимосвязанных и неразрывных организационно-функциональных процессов в единое производство, предполагающее передачу продукта из одного подразделения в последующие для получения готового продукта.*

*Наибольшее распространение вертикально-интегрированная организация производственного процесса получила в промышленном производстве, однако за последнее десятилетие особую актуальность внедрения интеграционных процессов получил агропромышленный сектор экономики. Главными предпосылками роста числа вертикально интегрированных агропромышленных компаний является создание условий для импортозамещения; повышение конкурентоспособности отечественных продуктов питания; возможность значительной экономии на масштабах производства; обеспечение контролируемых источников сырьевого обеспечения; контроль рынков сбыта конечной продукции.*

*В статье представлены основные особенности организационно-операционной деятельности вертикально интегрированных агропромышленных корпораций, описывающие различные стадии и функции последовательных производственных процессов. Изучение и анализ специфики функционирования вертикально интегрированных агропромышленных корпораций является основным этапом управления стратегией их развития. Необходимость качественного анализа направлений деятельности в рамках единого производства, включающего финансы, маркетинг и логистику основывается на трансформации внешней среды и внутренних условиях функционирования. Именно вертикально интегрированные агропромышленные корпорации являются гарантией продовольственной безопасности и источником создания дополнительных рабочих мест, обеспечивая при этом экономическую стабильность страны.*

**Ключевые слова:** вертикальная интеграция, агрохолдинг, эффект масштаба, синергия, организационно-операционная деятельность.

*Since the 1960s, the term 'vertical integration' has become widespread in the scientific literature. The basic principles of organizing vertically integrated production are defined by such scientists as J. Stigler, M. Porter, J. Davidson and D. Mychell, M. Adelman, S. S. Gubanov, I. G. Vladimirova, S. V. Bocharov and others in the combination of interrelated and inextricable organizational and functional processes into a single production, involving the transfer of a product from one department to subsequent ones to obtain a finished product.*

*A vertically-integrated organization of production process has become mostly widespread in industrial production, however, over the past decade, the agro-industrial sector of the economy has gained particular relevance to the implementation of integration processes. The main prerequisites for the growth of the number of vertically integrated agro-industrial companies are the creation of conditions for import substitution; increasing the competitiveness of domestic food products; the possibility of significant economies of scale of production; provision of controlled sources of raw materials; control over the markets for the end product.*

*The article presents the main features of organizational and operational activities of vertically integrated agro-industrial corporations, describing the various stages and functions of sequential production processes. The study and analysis of specifics of functioning of vertically integrated agro-industrial corporations is the main stage in managing their development strategy. The need for a qualitative analysis of areas of activity within a single production, including finance, marketing and logistics, is based on the transformation of external environment and internal conditions of functioning. It is vertically integrated agro-industrial corporations that guarantee food security and create additional jobs, while ensuring the country's economic stability.*

**Key words:** vertical integration, agricultural holding, economies of scale, synergy, organizational and operational activities.

### Введение

В настоящее время агропромышленный комплекс, помимо сельского хозяйства, включает отрасли по обслуживанию таких направлений как молочное животноводство, выращивание плодово-ягодных культур, птицеводство, пчеловодство и т. д. Переработка, маркетинг и распределение сельскохозяйственных культур и продуктов животноводства является неотъемлемой частью современной производственной цепи агропромышленного комплекса. Основным источником сырья для отраслей промышленности, таких как производство сахара, пищевых и непищевых масел, является сельское хозяйство. Более того, многие другие отрасли, такие как переработка фруктов и овощей, хлебобулочная промышленность, получают сырье напрямую от сельскохозяйственных предприятий.

В мире ежегодно возрастает количество агропромышленных корпораций полного (закрытого) типа функционирования. Тенденция к переходу от семейных фермерских хозяйств к крупным агрохолдингам свидетельствует о необходимости изучения главных особенностей и принципов работы вертикально интегрированных агропромышленных корпораций (ВИАК), что и определяет цель настоящего исследования.

Современные особенности организационно-операционной деятельности агропромышленного комплекса диктуют новые требования для стратегии развития агропромышленных предприятий. Рост мирового потребления продуктов питания, адаптация к условиям внешней среды, риски продовольственного кризиса и неопределенность на сырьевом рынке, способствовали формированию нового типа сельскохозяйственных предприятий – вертикально-интегрированных агропромышленных корпораций. Вертикальная интеграция первичного производства, переработки, распределения, а также розничной торговли обеспечивает снижение затрат, минимизируя влияние рисков рыночной среды и сложной слаборазвитой инфраструктуры.

Основополагающий принцип формирования ВИАК заключается в расширении сферы влияния и контроля агрохолдингов над несельскохозяйственными предприятиями. Особенности организационно-операционной деятельности агропромышленного комплекса определяют ведущую роль предприятий сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности в экономической системе государства. Помимо обеспечения продуктами питания и сырьем, вертикально интегрированные агропромышленные предприятия также предоставляют возможности трудоустройства для сельского населения. Предоставление возможности занятости в сфере сельского хозяйства имеет весомое значение в восстановлении инфраструктуры сельской местности и является главным условием улучшения качества жизни и роста благосостояния населения.

### **Основная часть**

Сущность агропромышленной интеграции выражается в совокупности организационно-экономических отношений, возникающих между предприятиями агропромышленного производства и другими субъектами по поводу установления повторяющихся устойчивых взаимодействий в процессах организации производства, труда и управления, обмена результатами производства с целью гармонизации экономических интересов и достижения синергетического эффекта. Интеграция хозяйствующих субъектов является свойством социально-экономической системы, проявляется в укреплении связи между элементами системы, объединения их в одно целое, возникновение структурной и функциональной форм организации производства, которые характеризуются единой системой целей, экономических интересов, связей и функций.

Охват нескольких направлений ВИАК позволяет получить перспективу функционирования в различных областях и сегментах рынка с различными внешними и внутренними экономическими параметрами. Такой эффект следует из условий, когда диверсификация строится на правильно выстроенных денежных потоках различных типов деятельности во времени и пространстве. Способ интеграции по вертикальному принципу является в значительной степени эффективным и необходимым решением для того, чтобы минимизировать риски, которые связаны со сбоями в поставках сырья и материалов, а также рисками увеличения внутренних цен и транзакционных издержек.

В современных условиях функционирования многих компаний актуальным и особо важным является контроль каждого звена производственной цепи, как один из способов усиления потенциала и укрепления конкурентоспособности для занятия ведущего положения как на внутреннем, так и на международном рынках. Во многих случаях, при угасании положительного эффекта масштаба и увеличении финансово-экономического кризиса, выходом из сложившейся ситуации является создание вертикально интегрированной структуры, что дает компании возможности для увеличения действия положительного эффекта масштаба.

Весьма заметно действие эффекта масштаба при изучении функционирования олигополий. Так, в таких крупных отраслях как сельское хозяйство функционируют крупные компании, которые достигают наибольшего экономического эффекта в деятельности нежелезнодорожных компаний, связанных между собой лишь контрактами по поставке сырья. Именно поэтому компания, объединившая в одну технологическую цепочку весь производственный процесс, достигает самых высоких результатов работы за счет экономии на средних суммарных издержках [1].

Формирование вертикальной интеграции играет значительную роль в деятельности современных агропромышленных компаниях. На сегодняшний день крупные компании являются ключевыми институтами в экономике, так как именно они обеспечивают продовольственную безопасность и имеют достаточно средств для развития новейших технологий. В агропромышленном секторе вертикальная интеграция предусматривает контроль одной корпорации над компаниями целого спектра отраслей и научных институтов.

Благодаря вертикально интегрированным операциям вертикально интегрированные агропромышленные компании находятся в непосредственном контакте с конечным продовольственным рынком, что помогает более оперативно получать актуальную информацию о состоянии данного рынка. Это в

свою очередь помогает компании лучше управлять непосредственно производством продуктов питания на основе меняющихся требований рынка.

Создание вертикально-интегрированных агропромышленных компаний стало следствием изменений структуры и организации производства в агропромышленном комплексе, провоцирующем необходимость поиска новых форм методов и моделей ведения финансово-хозяйственной деятельности в отрасли. В связи с этим вертикально-интегрированные агропромышленные компании имеют как общие тенденции развития, так и некоторые особенности функционирования с определенной спецификой. Большинство крупных агропромышленных компаний ведут разнообразную политику по увеличению доли своего присутствия на международном рынке и применяют различные стратегические решения, которые могут отличаться, при этом основные процессы вертикальной интеграции затрагивают в первую очередь направления от НИОКР (в виде научно исследовательских разработок и лабораторного анализа) до переработки полученной продукции и маркетинга.

Следует отметить, что агропромышленная отрасль и сельскохозяйственные компании, функционирующие на основе вертикальной интеграции, обладают определенной спецификой. К специфическим чертам ВИАК можно отнести следующее [2]:

1. Формой взаимодействия агропромышленных компаний выступает «мягкий холдинг», предусматривающий, что дочерние структуры независимы друг от друга. Данная черта может проявляться в составлении и разработке различных стратегических подходов к развитию производственной деятельности, маркетинговой составляющей и других операционно-организационных процессов [3, 4]. При такой стратегической политике каждый функциональный уровень имеет уникальные возможности оптимизации результатов своей деятельности, так как помимо одной приоритетной цели также существует необходимость определения подцелей на каждом таком уровне.

2. Наличие большого количества факторов, оказывающих воздействие на формирование цены на конечный продукт. Данное условие оказывает стимулирующее воздействие на компании и позволяет максимизировать экспорт сырья, однако существуют некоторые обстоятельства, которые не позволяют в полной мере реализовать данную возможность.

3. Высокая доля участия государственных структур в функциональной деятельности и управлении вертикально-интегрированными агропромышленными компаниями, что обусловлено наличием государственных пакетов акций и участия государственных структур в управлении, а также по причине их внутренней природы. Вместе с тем в последние годы наметилась устойчивая тенденция к расширению участия в акционерном капитале частных отечественных и зарубежных инвесторов, что непосредственно влияет на ослабление воздействия государства.

4. Большая степень включения в структуру агропромышленных компаний предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности [1].

Важнейшая особенность современных интегрированных агропромышленных формирований заключается в том, что в их функционировании кроме сельскохозяйственных, перерабатывающих, торговых и обслуживающих отраслей АПК участвуют структуры, технологически не связанные с агропромышленным производством. Через прямое и опосредованное участие в деятельности объединений происходит слияние аграрного капитала с капиталом финансовых и индустриально-промышленных отраслей [5]. Более детально специфика функционирования ВИАК представлена на рисунке.

Вместе с тем деятельность ВИАК характеризуется рядом специфических аспектов функционирования на двух уровнях – внешнем и внутреннем. Каждый уровень включает в свой состав набор особенностей производственной и управленческой деятельности агропромышленных компаний.

Для внешнего уровня свойственны экономико-политические условия и факторы, от которых зависит степень наращивания вертикали бизнеса, необходимая в качестве гарантии конкурентоспособности хозяйствующих субъектов.

Процессы глобализации и интеграции на мировом рынке сельскохозяйственной продукции во многом обуславливают глобальные стратегии ВИАК, вводят изменения и преобразования в их структуру и обеспечивают приоритетные направления развития. От начала формирования вертикально интегрированных агропромышленных компаний произошло усложнение и реорганизация глобальных, инвестиционных и инновационных стратегий ВИАК.

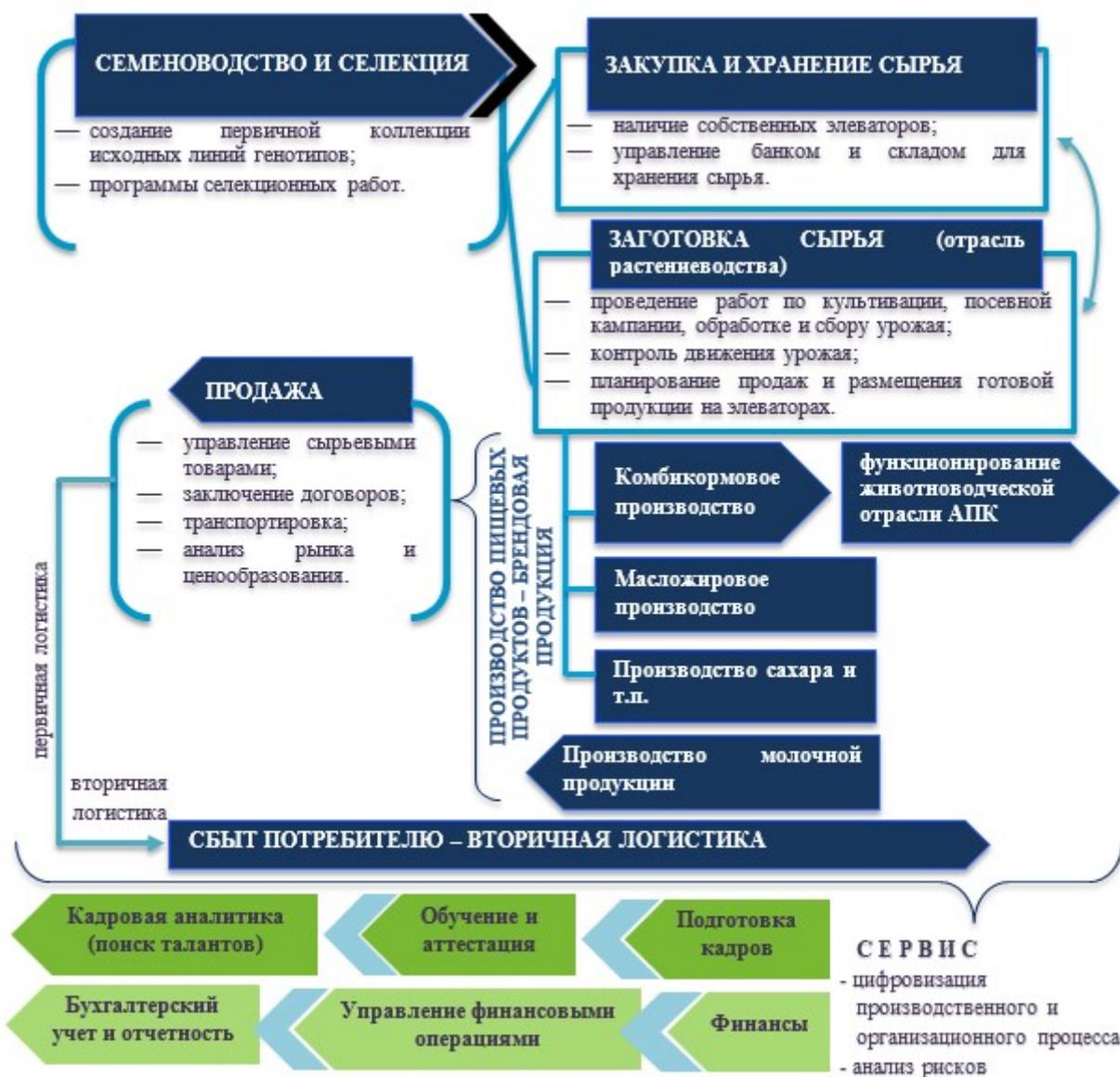


Рис. Особенности построения организационно-операционной деятельности ВИАК

В стратегической политике у многих ВИАК приоритетное место занимает диверсификация собственной деятельности на основе мирового лидерства в производстве высококачественных продуктов питания. Такие направления деятельности прежде всего нацелены на совершенствование организационных структур компаний и внедрения в них подразделений по реализации новых видов продукции на новых рынках. В итоге при формировании собственных стратегий крупнейшие компании позиционируют себя как продовольственные, а не только сельскохозяйственные, что означает портфельное расширение деятельности ВИАК, которое впоследствии оказывает влияние и на внутренние аспекты функционирования.

Что касается политических внешних аспектов функционирования ВИАК, то они заключаются в активном государственном участии при формировании продовольственной самообеспеченности и экспортном потенциале. Государство в лице органов власти федерального и регионального уровней осуществляет не только правовую и регулируемую политику, но и стратегическую, цель которой заключается в обеспечении интересов государства на основе определения стратегических ориентиров и направлений развития крупнейших ВИАК.

Сложность взаимосвязанного механизма функционирования и построения организационной структуры в целом обуславливает появление большого количества специфических аспектов ведения деятельности ВИАК на внутреннем уровне. На внутреннем уровне вертикально интегрированные агропромышленные компании подвержены отраслевым особенностям построения эффективной вертикали бизнеса вместе с общеэкономическими рисками, которые следуют из содержания и сущности

формы вертикальной интеграции. Функционирование вертикально интегрированных агропромышленных компаний характеризуется также трудностью в обеспечении конкурентоспособности отдельных звеньев вертикальной цепи, необходимостью выработки целостной политики модернизации и инноватизации промышленного комплекса, мониторингом проблем деятельности каждого субъекта, входящего в состав структуры, на производственном уровне. Основные внутренние особенности функционирования ВИАК затрагивают следующие направления, которые действуют в рамках единой организационной структуры:

1. Разработка инновационных производственных решений и поиск направлений трансформации технологической среды от начальной стадии растениеводства до переработки сырья. Инновации и современные технологии в отраслях сельского хозяйства имеют ведущее значение в управлении стратегией развития и служат не только способом увеличения эффективности деятельности компаний, но и обеспечивают стратегию развития в будущем.

2. Управление материальным потенциалом, обеспечивающим непрерывное снабжение отдельных субъектов структуры компании необходимыми ресурсами.

3. Управление производством на основе планирования и контроля производственных процессов на всех уровнях вертикальной цепи.

4. Совершенствование коммуникации внутри компании, которая обеспечивает построение эффективной системы связи между всеми субъектами ВИАК для эффективного взаимодействия.

5. Управление человеческими ресурсами путем централизации управления и выработки единых принципов кадрового менеджмента.

6. Построение общей корпоративной культуры.

7. Управление маркетингом посредством разработки единых подходов к взаимодействию с потребителями и выявлению изменений в спросе на продукцию агропромышленного комплекса.

8. Управление логистикой в направлении построения последовательных логистических процессов, а также с учетом особенностей географического расположения земель сельскохозяйственного назначения и предприятий АПК.

9. Управление финансами, рисками и общей стратегией развития вертикально интегрированной промышленной структуры [6, 7].

#### **Заключение**

Таким образом, на основе выявленной специфики организации производства и особенностей функционирования агропромышленных компаний в рамках целой отрасли, исследование позволяет сделать вывод о том, что вертикальная интеграция в сфере сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности является наиболее эффективной и оптимальной формой ведения деятельности. При этом сложность, которая характеризуется масштабом производства, эксплуатацией крупных сельскохозяйственных и промышленных предприятий, высокой долей природно-климатических факторов и управлением множеством сопутствующих сервисов в логистическом, маркетинговом и финансово-экономическом направлениях, требует разработки специализированного подхода к развитию каждого объекта ВИАК. Такое развитие предполагает поиск гибких путей снижения издержек, применение инноваций и готовность к риску со стороны внутренней и внешней среды функционирования ВИАК. Так, центральное место в управлении крупными компаниями должно занимать формирование механизма управления стратегией развития во всех вертикально-интегрированных звеньях.

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Балашенко, В. А., Пшихачева, Ж. С., Шардан, С. К. Вертикальная интеграция в агропродовольственной системе: методологический аспект // *Пространство экономики*. №8 (2–3), 2010. – С. 19–25

2. Аюшеева А. О. Формирование вертикально-интегрированных структур в Республике Бурятия // *Статистика и экономика*, № 4, 2011. – С. 19–23.

3. Кабаненко, М. Н., Угримова, С. Н., Андреева, Н. А. Состояние и перспективы развития агрохолдингов в Российской Федерации // *Экономические отношения*. – 2019. – Том 9. – № 3. – С. 1963–1974.

4. Ансофф, И. Стратегическое управление / И. Ансофф. – М.: Экономика, 1989. – 519 с.

5. Ефременко, Д. А. Вертикальная интеграция в агропромышленном комплексе: зарубежный опыт и российская практика / Д. А. Ефременко; под ред. Касаткиной Е. А.; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М.: МАКС пресс, 2003. – 133 с.

6. Пинкевич, И. К. Повышение конкурентоспособности вертикально-интегрированной компании агропромышленного комплекса / И. К. Пинкевич. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 231 с.

7. Рябенко, П. В. Проблемы взаимодействия дочерних предприятий в вертикально-интегрированной структуре // *Вестник Российского государственного университета им. Г. В. Плеханова*, №3. – 2012. – С. 39-43.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВЕДЕНИЯ АГРАРНОГО БИЗНЕСА В УСЛОВИЯХ ЛАНДШАФТНО-УСАДЕБНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ

**В. В. ЦВИРКОВ**

ГНУ «Научно-исследовательский экономический институт  
Министерство экономики Республики Беларусь»,  
г. Минск, Республика Беларусь, 220050, e-mail: tsvirkov@mail.ru

**В. Н. БОСАК**

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: bosak1@tut.by

(Поступила в редакцию 18.06.2021)

Сегодня органическое сельское хозяйство – самый динамично развивающийся продовольственный сектор в мире, как в плане землепользования, так и по объему рынка. Так в Республике Беларусь с января 2020 г. по май 2021 г. площадь сертифицированных сельскохозяйственных угодий выросла в 4 раза. Увеличение спроса на органическую продукцию, в основном, связано с растущей тревогой потребителей по поводу безопасности пищевых продуктов, производимых общепринятыми способами, и пренебрежением этическими принципами в традиционном агропромышленном секторе. Производство органической продукции позволяет значительно снижать издержки выпуска сельскохозяйственной продукции, повышать ее качественные характеристики, а приемы ее производства ориентированы на максимальную биологизацию аграрных технологий и сокращение за счет этого применения удобрений и средств защиты растений химического происхождения, вызывающих загрязнение окружающей среды и разрушение плодородия почв. Следует отметить, что органическое сельское хозяйство с учётом наличия у населения потребностей в экологически чистой продукции, использования экономических, климатических и культурных условий, может серьёзно стимулировать малый и средний бизнес в увеличении объёма ее производства. Именно высокая реализационная цена органической продукции и наличие устойчивого спроса на нее может выступать заметным источником доходов фермерских хозяйств. Наиболее приемлемой формой предпринимательства по развитию органического производства следует считать крестьянские (фермерские) хозяйства (К(Ф)Х). В статье рассматриваются тенденции формирования в Беларуси производства органической сельскохозяйственной продукции. Основное внимание в работе акцентируется на подходах по дальнейшему развитию органического сельского хозяйства в Республике Беларусь, даны предложения по активизации развития данного направления в отечественном агропромышленном комплексе.

**Ключевые слова:** органическое сельское хозяйство, сертификация, крестьянское (фермерское) хозяйство, агробизнес.

Today, organic agriculture is the fastest growing food sector in the world, both in terms of land use and market size. Thus, in the Republic of Belarus, from January 2020 to May 2021, the area of certified agricultural land has quadrupled. The increase in demand for organic products is mainly due to growing consumer anxiety about the safety of food produced by conventional methods and a disregard for ethical principles in the traditional agribusiness sector. The production of organic products makes it possible to significantly reduce the production costs of agricultural products, improve their quality characteristics, and the methods of its production are focused on the maximum biologization of agricultural technologies and the reduction, due to this, of the use of fertilizers and plant protection products of chemical origin, which cause environmental pollution and destruction of soil fertility. It should be noted that organic agriculture, taking into account the population's needs for environmentally friendly products, the use of economic, climatic and cultural conditions, can seriously stimulate small and medium-sized businesses to increase the volume of their production. It is the high selling price of organic products and the presence of a stable demand for them that can act as a significant source of income for farms. The most acceptable form of entrepreneurship for the development of organic production should be considered peasant (farm) households. The article examines the trends in the formation of organic agricultural production in Belarus. The main attention in the work is focused on approaches to the further development of organic agriculture in the Republic of Belarus, proposals are made to enhance the development of this direction in the domestic agro-industrial complex.

**Key words:** organic agriculture, certification, peasant (farming) economy, agribusiness.

### **Введение**

Развитие предпринимательства на селе представляет собой одно из ключевых условий формирования экономических механизмов хозяйствования и является составляющей частью современной рыночной системы.

Сегодня в условиях модернизации экономики, усугубленной ситуацией, вызванной последствиями пандемии коронавирусной инфекции, имеет место сокращения численности работников промышленных предприятий и, в этой связи, особую значимость приобретают вопросы трудоустройства высвобождаемой избыточной рабочей силы. Все чаще в СМИ можно видеть информацию о переезде жителей мегаполисов в сельскую местность. Поэтому сегодня является актуальной проработка вопроса занятости населения на селе.

В настоящее время производителями и учеными определены перспективные направления развития агробизнеса на селе в современных условиях. В условиях ландшафтно-усадебных поселений

предлагается использовать такое направление, как *производство органической продукции*, развитие которого является мировым трендом [1–9].

### **Основная часть**

В настоящее время в Республике Беларусь реализуется комплекс мер, направленных на повышение уровня благоустроенности агрогородков и других перспективных для социально-экономического развития сельских населенных пунктов в рамках проекта «Деревня будущего».

Проект реализуется путем создания ландшафтно-усадебных поселений, представляющих собой комплекс взаимосвязанных условий комфортного, экологичного и экономически самодостаточного проживания населения. Данные поселения выступают источником создания новых рабочих мест путем стимулирования развития малого и среднего предпринимательства, в том числе самозанятости и семейного бизнеса. Это позволит населению адаптироваться к меняющимся условиям в экономике страны и реализовать свой трудовой потенциал. В этой связи важное значение приобретает разработка бизнес-моделей, адаптированных к сельской местности.

Сегодня не нужно доказывать, что органическая продукция имеет преимущества по сравнению с традиционными аналогами и ее производство – это шанс занять свое место на внутреннем продуктовом рынке [10–16].

*Справочно: Следует отметить тот факт, что пандемия вызвала повышенный спрос на органическую продукцию практически во всём мире, при этом она особенно не повлияла на ее производство. В частности, Великобритания показала рост спроса на органическую продукцию на 16 % по сравнению с прошлым годом. Можно говорить о том, что потребители, изучая различную информацию, осознанно отдали предпочтение органическим продуктам, чтобы поддержать иммунитет в пандемию. Вырос спрос на органику в Германии, США.*

Органическое сельское хозяйство в Беларуси является инновационным сегментом агропромышленного комплекса [17–23].

В 2018 г. Беларусь вошла в группу стран, где есть законодательство, регламентирующее деятельность в области органического сельского хозяйства. В ноябре 2019 года в силу вступил Закон «О производстве и обращении органической продукции».

После принятия Закона Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь совместно с другими государственными органами разработан и принят целый ряд нормативных правовых актов по реализации положений Закона.

Так законодательно органами по сертификации продукции аккредитованы на проведение работ по сертификации органической продукции и процессов ее производств РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» – орган по сертификации продукции и РУП «Белорусский государственный институт метрологии» – орган по сертификации продукции и услуг.

В целях оказания государственной поддержки производителям органической сельскохозяйственной продукции внесены изменения в Указ Президента Республики Беларусь от 17 июля 2014 г. № 347 «О государственной аграрной политике». Перечень общегосударственных мероприятий, финансирование которых может осуществляться за счет средств местных бюджетов, дополнен мероприятием «Возмещение субъектам, осуществляющим деятельность в области агропромышленного производства, расходов (части расходов) на проведение оценки соответствия производимой в Республике Беларусь органической продукции и процессов ее производства техническим требованиям».

Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь включено вышеуказанное мероприятие в Государственную программу «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы и рекомендовано областным исполнительным комитетам предусмотреть в соответствующих областных бюджетах средства на его реализацию. В 2021 г. в Гродненской и Минской областях предусмотрены средства в областных бюджетах на возмещение субъектам, осуществляющим деятельность в области агропромышленного производства, расходов (части расходов) на проведение оценки соответствия производимой в Республике Беларусь органической продукции и процессов ее производства техническим требованиям.

В настоящее время производством органической продукции в Республике Беларусь занимается 47 субъектов хозяйствования. Из них 21 занимаются производством сельскохозяйственной органической продукции, включая К(Ф)Х, личные подсобные хозяйства граждан, сельскохозяйственные и другие субъекты. В таблице представлена динамика изменения численности производителей органической сельскохозяйственной продукции за 2014–2021 гг. Следует отметить, что отечественными органами по сертификации сертифицировано производство продукции четырьмя производителями из 47: ООО «Здоровая страна» и ОАО «МИНСК КРИСТАЛЛ» – управляющая компания холдинга

«МИНСК КРИСТАЛЛ ГРУПП», ОАО «Молодечненский комбинат хлебопродуктов» и МРУП «Агрокомбинат «Ждановичи».

**Количество органических сельских хозяйств в динамике по областям**

Область / Год	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Брестская				1	4	4	4	3
Витебская					2	2	3	2
Гродненская			2	2	2	3	6	4
Минская	2	6	8	7	9	8	9	12
Республика Беларусь	2	6	10	10	17	17	22	21

Примечание. Источник: собственная разработка на основе материалов исследования [24, 25].

По состоянию на май 2021 г. в Беларуси сертифицировано 6731,2 га сельскохозяйственных земель, или 0,08 % от общей площади (в 2020 г. – 0,02 %) и более 946 тыс. га леса для сбора дикоросов и березового сока, или около 13,8 % от общей площади лесов в Беларуси, свободных от радиоактивного загрязнения в 2020 г. – 576 тыс. га).

В структуру производимой органической сельскохозяйственной продукции входят: зерновые и зернобобовые, картофель, овощи, ягоды, кормовые культуры, рапс, мед, яйца куриные, говядина мясной породы КРС, молоко козье.

Из дикорастущей продукции в Беларуси сертифицировано производство грибов и ягод: черники, клюквы и брусники. Также получило распространение производство березового сока. Заготовкой занимаются 11 сертифицированных субъекта хозяйствования в Гродненской – 4, в Минской – 3, в Брестской 2 и по 1 в Витебской и Гомельской областях.

Переработкой занимаются ЗАО «Минский завод безалкогольных напитков», ИООО «Кировский пищевой комбинат», ПУП «Стародорожский плодоовощной завод» ОАО «Слущкий сахарорафинадный комбинат», ООО Белфуд Продакшн, ОАО «Гродненский консервный завод», ОАО «МИНСК КРИСТАЛЛ» – управляющая компания холдинга «МИНСК КРИСТАЛЛ ГРУПП» и ОАО «Молодечненский комбинат хлебопродуктов».

Наиболее приемлемой формой предпринимательства по развитию органического производства следует считать К(Ф)Х. Сегодня государство предоставляет ряд программ и льгот для развития К(Ф)Х. Этот вид бизнеса является самым массовым среди субъектов малого агробизнеса в сельской местности и довольно популярным и перспективным.

Основными преимуществами К(Ф)Х как производителей сельскохозяйственной продукции являются: личная заинтересованность фермера производить качественный и востребованный товар, быстрая переориентация производства согласно требований рынка, производство узкоспециализированной продукции, непосредственная личная работа с конечным потребителем (покупателем) и в достаточной степени высокая ответственность фермера к результатам экономической деятельности хозяйства.

В связи с тем, что производство органической продукции связано на сегодняшнем этапе развития с использованием ручного труда, небольшим количеством потребителей специфичной продукции, отсутствием устоявшихся каналов сбыта, оно не представляет интереса для крупнотоварных предприятий. Здесь малые организационные формы могут успешно заниматься производством сельскохозяйственной продукции, выращенной без применения химических средств защиты растений и используя лишь органические удобрения.

Следует отметить, что перед тем как перейти на органическое сельское хозяйство, необходимо определиться с направлением: растениеводство или животноводство. При этом следует учитывать, что потребуются конвертация земель традиционного аграрного сектора в органические [6, 10, 15].

При определении производственного направления создаваемого субъекта органического агропроизводства приоритет следует отдавать, как показывают исследования, таким направлениям как овощеводство, картофелеводство и плодово-ягодное производство. Продукция этих отраслей потребляется в свежем виде в значительных объемах и объемы, не востребованные в свежем виде можно замораживать и продавать в крупных торговых сетях. К экологической чистоте ее потребители предъявляют наиболее высокие требования, что, в свою очередь, создает благоприятные условия для формирования устойчивого рыночного спроса на продукты, произведенные по органическим технологиям.

Также при обосновании направления специализации важно учитывать неизбежную параллельность производства основной и дополнительной продукции. Необходимо предусмотреть организацию экономически выгодного использования продукции, поступающей из всех полей севооборота (зерно, травы и др.). В этой связи может быть целесообразным развивать дополнительные отрасли: пчеловодство, грибоводство, молочное скотоводство, козоводство, кролиководство, переработка и др. Продукция этих производств также будет относиться к органическому и иметь соответствующую сертификацию.

При наличии на территории К(Ф)Х водоема актуальным может стать сертификация органической аквакультуры. Здесь следует использовать ключевое преимущество – качественная вода, хорошие природные условия, которые позволят выращивать экологически чистую продукцию, содержащую в своем составе такой необходимый организму элемент, как фосфор [26, 27].

Органические методы могут применяться для производства как пищевых продуктов и растений, так и нетрадиционной сельскохозяйственной продукции, к которой относится недревесная лесная продукция (орехи, грибы, плоды, травы, мясо диких животных). Так, например, сегодня в Беларуси заготавливаются лишь 5 % возможного объема лекарственного сырья или примерно 200 тонн. Заготовленных белорусских трав не всегда хватает даже для внутреннего пользования. Поэтому некоторые лекарственные растения закупаются за рубежом. Если планировать не собирать растения, а самостоятельно их выращивать, в целях получения дополнительного заработка параллельно выращиванию лекарственных трав следует рассмотреть возможность получения доходов, занимаясь пчеловодством.

Несмотря на предпринимаемые меры республиканских органов государственного управления не все вопросы, регулирующие формирование условий по дальнейшему развитию органического сельского хозяйства в Беларуси решены. Комплекс мер по реализации Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы предусматривает решение такой задачи как стимулирование развития органического сельского хозяйства путем реализации комплекса мер, предусматривающих в том числе государственную поддержку сельскохозяйственных организаций и фермерских хозяйств, развивающих органическое производство, в целях расширения площадей для органического земледелия, увеличения объемов производства экологически чистых продуктов питания.

На фоне этого для совершенствования нормативной базы производства органической продукции предлагается:

- органами по сертификации, являющимися участниками ведения национального реестра производителей органической продукции, признать не только аккредитованные на проведение работ по сертификации органической продукции и процессов ее производства РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» и РУП «Белорусский государственный институт метрологии», но и зарегистрированные организации, которые аккредитованы в ЕС по выдаче сертификатов на производство органической продукции;

- разработать нормативно-правовые акты (внести изменения в действующие), включающие положения о механизме финансовой поддержки хозяйств различных форм собственности, занимающихся производством органической продукции. Это может быть компенсация потерь на тот период, когда продукты в переходном периоде производства не могут продаваться как органические, материальная помощь на развитие материально-технической базы по производству органической продукции;

- предусмотреть ответственность субъектов хозяйствования за использование в маркировке продукции или позиционировании производителя приставок «экэ-» «био-», «органик» без соответствующей сертификации отечественных или зарубежных органов сертификации продукции и услуг;

- внести изменения в Закон Республики Беларусь от 09.11.2018 № 144-3 «О производстве и обращении органической продукции» и другие нормативно-правовые акты, включающий в себя вопрос разработки системы упрощенной верификации биологических средств защиты растений, внеся соответствующие изменения (дополнения) в Закон Республики Беларусь от 25.12.2005 N 77-3 (ред. от 18.07.2016) «О карантине и защите растений», что связано с тем, что биологические средства защиты, которые разрешены за рубежом, не зарегистрированы в Беларуси и поэтому запрещены к применению, а отечественные средства защиты, которые могут быть применены, не разрешаются инспекторами зарубежных сертифицирующих органов.

В научно-исследовательских организациях, работающих в области сельского хозяйства и смежных областях (экономика, маркетинг и т.д.), необходимо увеличить количество научно-исследовательских работ в области органического производства, определив приоритетные направления тематики научных исследований. Методическое обеспечение производителей и производства органической продукции должно включать:

- научно-методическую разработку технологий и способов производства органической продукции, адаптацию международных методик, применяемых в мировой практике;

- организацию обучения сельскохозяйственных товаропроизводителей, в том числе граждан, ведущих личное подсобное хозяйство, методам и способам ведения органического производства;

- внедрение результатов научных исследований в производство, оказание консультационных услуг по вопросам государственной регистрации производителей органической продукции.

## Заклучение

В свете вышеизложенного следует отметить, что государственная политика в области производства органической продукции в Беларуси должна незамедлительно активизироваться и получить новый виток развития. Если изначально перед сельским хозяйством республики стояла задача обеспечить продовольственную безопасность, то в настоящее время акцент переносится на повышение качества продуктов питания, снижения негативного воздействия химически синтезированных средств на окружающую среду и здоровья населения. Развитие производства органической продукции позволит не только решить вопросы трудоустройства высвобождаемой рабочей силы, но и сыграют важную роль в вопросах экологии путем снижения вредного воздействия производства на окружающую среду, что является одним из приоритетов в реализации НСУР. Следует констатировать, что К(Ф)Х в ближайшие 5–10 лет будут доминировать в качестве основных товаропроизводителей органической продукции на внутреннем рынке, что имеет не только экономическое, но и социальное значение – способствует развитию сельских территорий, созданию дополнительных рабочих мест и повышению доходов в сельской местности.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. М. Арганічная сельская гаспадарка: досвед падрыхтоўкі спецыялістаў / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка // Перспективы развития высшей школы. – Гродно: ГГАУ, 2019. – С. 153–155.
2. Босак, В. М. Асаблівасці аграрнай адукацыі Германіі / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка, С. А. Наскова // Педагогика высшей школы. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 18–21.
3. Босак, В. Н. Аграрное образование: опыт университета Гёттинген / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, С. А. Носкова // Вестник БГСХА. – 2018. – № 2. – С. 212–214.
4. Босак, В. Н. Качество образования и Болонский процесс: опыт университета Хоэнхайм / В. Н. Босак // Проблемы и основные направления развития высшего технического образования. – Минск: БГТУ, 2016. – С. 5–6.
5. Босак, В. Н. Подготовка специалистов по органическому сельскому хозяйству: опыт университета Хоэнхайм / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, С. А. Носкова // Вестник БГСХА. – 2017. – № 1. – С. 147–149.
6. Горчаков, Я. В. Мировое органическое земледелие XXI века / Я. В. Горчаков, Д. Н. Дурманов. – Москва: ПАИМС, 2002. – 402 с.
7. Нормативы органического производства Европейского сообщества. – Минск: Донарит, 2013. – 183 с.
8. Свечникова, Т. М. Анализ мирового рынка производства органической продукции / Т. М. Свечникова // Московский экономический журнал. – 2019. – № 8. – С. 84–89.
9. Organic Agriculture and Food Systems: Master of Science. – Stuttgart: Universität Hohenheim, 2021. – 20 p.
10. Григоруk, В. В. Организационно-экономические основы перехода на органическое земледелие / В. В. Григоруk // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 4. – С. 60–64.
11. Елькин, С. В. Экономическое обоснование внедрения органического земледелия в России / С. В. Елькин // Проблемы и перспективы развития АПК региона с использованием дистанционных технологий. – Пермь, 2021. – С. 17–20.
12. Мерзлая, Г. Е. Эффективность органического земледелия / Г. Е. Мерзлая, Р. А. Афанасьев // Плодородие. – 2020. – № 5. – С. 56–60.
13. Новые виды гуминовых удобрений в адаптивном земледелии / А. В. Шарапов [и др.] // Вестник БГСХА. – 2020. – № 4. – С. 164–166.
14. Основы органического производства / М. М. Добродькин [и др.]. – Минск: Бонем, 2018. – 212 с.
15. Переход от традиционного к биоорганическому земледелию в Республике Беларусь / К. И. Довбан [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2015. – 89 с.
16. Рекомендации по ведению экологического (биотехнологического) земледелия в Республике Беларусь / Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: ИПА, 2011. – 26 с.
17. Босак, В. М. Выкарыстанне гумінавых прэпаратаў пры вырошчванні вострасмакавых культур / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка // Вермикультурирование и вермикюльтивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы. – Минск: Колорград, 2021. – С. 68–70.
18. Босак, В. Н. Агрэоэканамічная эфектыўнасць прымянення арганічных удобраяў / В. Н. Босак // Аграрная эканоміка. – 2012. – № 4. – С. 49–54.
19. Босак, В. Н. Органические удобрения / В. Н. Босак. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 256 с.
20. Босак, В. Н. Эффективность применения органических удобрений в севооборотах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В. Н. Босак // Приемы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений. – Горки: БГСХА, 2003. – С. 22–24.
21. Мастеров, А. С. Перспективы органического земледелия в Беларуси / А. С. Мастеров // Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. – Курск, 2015. – С. 184–189.
22. Применение новых видов гуминовых удобрений в агробиоценозах / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2020. – 14 с.
23. Роль органического вещества в повышении плодородия почвы и питания растений / В. В. Перетрухин, [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 41–45.
24. Реестр производителей органической продукции / ПРУП «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://organic.gskp.by/>. – Дата доступа: 21.06.2021.
25. Список органических производителей Беларуси / Центр экологических решений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecoidea.by/ru/content/project/3314/>. – Дата доступа: 21.06.2021.
26. Органическое рыбоводство / А. И. Козлова, В. К. Пестис, Т. В. Козлова, И. М. Лойко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно: ГГАУ, 2017. – Т. 37. – С. 82–91.
27. Biotechnologische Verfahren in der Aquakultur / М. I. Lesyuk, V. N. Bosak, T. V. Kozlova, A. I. Kozlov // Вестник Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. – 2011. – № 1. – С. 3–7.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ОВОЩЕЙ ОТКРЫТОГО ГРУНТА

И. В. ЖУРОВА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 25.06.2021)

*В настоящее время рынок свежих овощей является важным элементом рынка продовольственных товаров, однако его состояние характеризуется невысоким уровнем развития. Большинство проблем, возникающих на рынке, связано с низким уровнем рентабельности производства и реализации продукции (из-за высоких издержек производства, хранения, сбыта продукции и негибкой ценовой политики), трудностями в логистике и маркетинге, а также ограниченности доступа к инвестиционным ресурсам и научно-техническим разработкам. Одним из основных путей выхода из сложившейся ситуации на рынке овощей является создание совместных интегрированных структур, обладающих единой маркетинговой сетью и торговой маркой. В статье представлено решение экономико-математической задачи, оптимизирующей структуру производства овощей в открытом грунте внутри объединения предприятий-производителей Могилевской области. В качестве критерия, оценивающего качественные и количественные характеристики деятельности сельскохозяйственных организаций по производству овощей, принята максимизация прибыли от реализации овощной продукции. Решение поставленной задачи позволило сделать вывод о том, что в результате оптимизации структуры овощных культур в производственном процессе участников объединения возможно увеличение прибыли от реализации продукции.*

**Ключевые слова:** овощи, сельскохозяйственная организация, оптимизация, прибыль, эффективность.

*Currently, the fresh vegetable market is an important element of the food market, but its state is characterized by a low level of development. Most of the problems that arise in the market are associated with a low level of profitability of production and sales of products (due to high costs of production, storage, sales of products and an inflexible pricing policy), difficulties in logistics and marketing, as well as limited access to investment resources and scientific research technical developments. One of the main ways out of the current situation in the vegetable market is the creation of joint integrated structures with a single marketing network and trade mark. The article presents a solution to an economic and mathematical problem that optimizes the structure of vegetable production in the open field within the association of manufacturing enterprises in the Mogilev region. As a criterion for assessing the qualitative and quantitative characteristics of the activities of agricultural organizations for the production of vegetables, the maximization of profit from the sale of vegetable products is taken. The solution to this problem made it possible to conclude that as a result of optimization of the structure of vegetable crops in the production process of the members of the association, it is possible to increase the profit from the sale of products.*

**Key words:** vegetables, agricultural organization, optimization, profit, efficiency.

### Введение

В настоящее время в экономической литературе выделяют различные пути повышения эффективности и устойчивости функционирования сельскохозяйственных организаций, однако в качестве основного направления большинство авторов отмечают распространение, углубление и расширение кооперативно-интеграционных отношений [1–9].

В Могилевской области существуют предпосылки для формирования интегрированного объединения производителей овощей при активном взаимодействии с НИИ, вузами, финансовыми, страховыми организациями, а также с прочими организациями. Такое формирование позволяет получить производителям все преимущества крупного предприятия путем объединения вокруг объединения поставщиков ресурсов, формирования единой инфраструктуры, организации совместного сбыта продукции, возможности привлечения инвестиций и средств государственной поддержки. Формирование объединения позволяет также сельскохозяйственным организациям совместно планировать количество и ассортимент продукции для обеспечения потребностей рынка с учетом принципа рационального взаимодействия, т. е. стремления организаций участников оптимизировать производственный процесс и использовать имеющиеся ресурсы с максимальной отдачей.

С целью обоснования производственной программы работы объединения предприятий-производителей овощей в Могилевской области разработана и решена экономико-математическая задача. В качестве критерия, оценивающего качественные и количественные характеристики эффективности деятельности сельскохозяйственных организаций, принята максимизация прибыли от реализации овощной продукции.

### Основная часть

На данном этапе производство овощей в Республике Беларусь осуществляется во всех областях. При этом наибольший удельный вес в общей структуре валового сбора овощей занимают хозяйства

Минской области – 25,5 % и Брестской области – 22,9 %. В Могилевской области производится примерно 11 % от общего объема производства овощной продукции и в структуре производителей данного вида продукции наибольший удельный вес занимают хозяйства населения – около 76 % (в среднем по республике – 68 %). Удельный вес крестьянских (фермерских) хозяйств составляет 11 % и сельскохозяйственных организаций – 13 %.

В Могилевской области выращивание овощей в открытом грунте осуществляется в 8 организациях Минсельхозпрода Республики Беларусь. Валовой сбор овощей в данных организациях в последние годы составил 10,5 тыс. тонн. В то же время значительная часть организаций осуществляет выращивание овощей в небольших объемах. Валовой сбор более чем 60 % производителей не превысил 500 тонн в год. Таким образом, формирование объединения овощеводческих организаций Могилевской области следует осуществлять с привлечением крупных организаций. К таким организациям отнесены открытое акционерное общество (ОАО) «Горецкое», ОАО «Фирма «Кадино», ОАО «Рассвет им. К. П. Орловского», валовой сбор которых за последние три года составляет около 85 % валового сбора сельскохозяйственных организаций Могилевской области.

Решение экономико-математической задачи оптимизации производственных процессов производилось на основе данных годовой бухгалтерской отчетности ОАО «Горецкое», ОАО «Фирма «Кадино», ОАО «Рассвет им. К. П. Орловского» с учетом частных оценочных показателей (сложившийся уровень урожайности выращиваемых культур, средние цены реализации, размер затрат на единицу возделываемой площади, имеющиеся в распоряжении организации земельные ресурсы, а также объем спроса на рынке на производимую продукцию).

Решение задачи сводится к нахождению максимума прибыли от реализации овощей внутри объединения исходя из оптимизации структуры производства овощей и количества затрачиваемых ресурсов:

$$F_{\max} = \sum_{i \in I_0} \sum_{r \in R_0} \left( (Q_{ir} + x'_{ir}) * z_{ir} \right) - x_{jir}; \quad (1)$$

где  $i$  – номер овощной культуры;  $I_0$  – множество овощных культур;  $r$  – номер предприятия;  $R_0$  – множество предприятий;  $j$  – материально-денежные затраты;  $x'_{ir}$  – дополнительный объем производства товарной продукции овощной культуры вида  $i$  на предприятии вида  $r$ ;  $x_{jir}$  – материально-денежные затраты на производство товарной продукции овощной культуры вида  $i$  на предприятии вида  $r$ ;  $Q_{ir}$  – минимальный объем реализации товарной продукции вида  $i$ ;  $z_{ir}$  – стоимость единицы товарной продукции овощной культуры вида  $i$  предприятия вида  $r$ .

Система ограничений модели представлена следующими группами ограничений:

1. По использованию земельных ресурсов предприятия, то есть суммарный расход земельного ресурса на все возделываемые виды овощных культур должен быть равен площади пашни, выделенной на предприятии под овощные культуры:

$$\sum_{i \in I_0} x_{ir} = A_r; \quad (2)$$

где  $x_{ir}$  – площадь овощных культур вида  $i$  на предприятии вида  $r$ ;  $A_r$  – наличие земельного ресурса на предприятия вида  $r$ .  $x'_{ir} \geq 0$ .

2. По площади овощных культур, то есть посевная площадь отдельных овощных культур должна находиться в пределах, не превышающих минимальную и не превышающих максимальную площадь, которую предприятие может выделить под их посев:

$$D_{ir} \leq x_{ir} \leq D''_{ir}; \quad (3)$$

Где  $D_{ir}$  – минимальная площадь овощных культур вида  $i$  предприятия вида  $r$ ;  $D''_{ir}$  – максимальная площадь овощных культур вида  $i$  предприятия вида  $r$ .

3. По минимальной площади овощных культур, то есть посевная площадь, занятая под отдельными культурами должна быть не меньше площади, занимаемой на предприятии для получения товарной продукции необходимой для обеспечения минимального объема реализации продукции постоянным покупателям:

$$D_{ir} \geq Q_{ir} \div d_{ir}; \quad (4)$$

где  $d_{ir}$  – выход товарной продукции овощной культуры вида  $i$  с единицы площади на предприятии вида  $r$ .

4. По максимальной площади овощных культур, то есть посевная площадь, занятая под отдельными овощными культурами должна быть не больше площади пашни, выделенной на предприятии под овощные культуры:

$$D_{ir}'' \leq A_r. \quad (5)$$

5. По объему реализации продукции, то есть объем реализации отдельных видов овощей должен быть не больше возможного объема производства:

$$Q_{ir} + x_{ir}' \leq d_{ir} * x_{ir}. \quad (6)$$

6. По формированию материально-денежных затрат на производство продукции, то есть стоимость произведенной продукции должна складываться исходя из размера затрат на единицу возделываемой площади отдельных видов культур:

$$x_{ijr} = G_{ijr} * x_{ir}; \quad (7)$$

где  $G_{ijr}$  – материально-денежные затраты на единицу площади овощной культуры вида  $i$  на предприятии вида  $r$ .

7. Условие неотрицательности дополнительного объема производства продукции, то есть формирование максимальной прибыли должно происходить при условии роста объема производства или его неизменности:

$$x_{ir}' \geq 0. \quad (8)$$

Структурная экономико-математическая модель оптимизации производственного процесса внутри объединения организаций производителей овощей имеет размерность  $m \times n$   $36 \times 63$ .

Проведенные расчеты позволили обосновать перспективную производственную программу распределения производственного процесса между участниками объединения, которая даст возможность получить экономический эффект при рациональном использовании собственных ресурсов и посевных площадей овощных культур. В табл. 1 обоснованы посевные площади овощных культур по исследуемым организациям объединения.

Таблица 1. Перспективная программа распределения посевных площадей между участниками объединения, га

Наименование организации	Вид овощей	Факт	Расчет	Расчет в % к факту
ОАО «Рассвет им. К.П. Орловского»	Капуста	19	39	205,3
	Свекла	19	12	63,2
	Морковь	12	6	50,0
	Лук репчатый	45	38	84,4
ОАО «Фирма «Кадино»	Капуста	43	73	169,8
	Свекла	17	12	70,6
	Морковь	25	13	52,0
	Лук репчатый	40	28	70,0
	Прочие	2	1	50,0
ОАО «Горьцкое»	Капуста	13	3	23,1
	Свекла	16	7	43,7
	Морковь	12	31	258,3

Примечание. Составлено автором по результатам проведенных исследований.

Расчеты показывают, что оптимизация производственной программы каждого участника объединения позволит увеличить валовой сбор капусты на 78,2 % при одновременном снижении производства свеклы на 35,48 %, моркови – на 2,38 %, лука – на 20,89 %. В целом для объединения принятие производственной программы позволит в перспективе увеличить валовой сбор овощей на 1695,96 тонн, или на 18,4 %.

Прогнозные показатели экономической эффективности интегрированного объединения овощеводческих организаций Могилевской области представлены в табл. 2.

Таблица 2. Оценка и прогноз экономической эффективности интегрированного объединения овощеводческих организаций Могилевской области

Наименование показателей	Факт	Расчет*	Расчет**	Расчет* в % к факту	Расчет** в % к расчету*
Выручка от реализации продукции, тыс. руб.					
ОАО «Рассвет им. К. П. Орловского»	823,480	1466,63	1668,801	178,10	113,79
ОАО «Фирма «Кадино»	39,180	244,763	337,608	624,71	137,93
ОАО «Горецкое»	657,810	1337,25	1523,369	203,29	113,92
Себестоимость реализованной продукции, тыс. руб.					
ОАО «Рассвет им. К. П. Орловского»	515,280	898,512	986,556	174,37	109,80
ОАО «Фирма «Кадино»	89,690	186,834	216,504	208,31	115,88
ОАО «Горецкое»	921,980	787,121	896,144	85,37	113,85
Прибыль (убыток) от реализации продукции, тыс. руб.				Отклонение (+,-) расчет* от факта, тыс. руб. (п.п.)	Отклонение (+,-) расчет** от расчета*, тыс. руб. (п.п.)
ОАО «Рассвет им. К. П. Орловского»	308,200	568,114	682,246	259,914	114,132
ОАО «Фирма «Кадино»	-50,510	57,929	121,104	108,439	63,175
ОАО «Горецкое»	-264,140	550,130	627,225	814,270	77,095
Рентабельность (убыточность), %					
ОАО «Рассвет им. К. П. Орловского»	59,810	63,23	69,15	3,42	5,92
ОАО «Фирма «Кадино»	-56,32	31,04	55,94	87,33	24,93
ОАО «Горецкое»	-28,65	69,89	69,99	98,54	0,1

Примечание. Составлено автором по результатам проведенных исследований.

\* – Расчетное значение при полном объеме реализации продукции по средним ценам производителей сельскохозяйственной продукции сложившимся в 2020 г. [9].

\*\* – Расчетное значение в соответствии с разработанной перспективной производственной программой распределения производственного процесса между участниками объединения.

Из данных табл. 2 видно, что в результате оптимизации структуры овощных культур в производственном процессе участников объединения возможно увеличение прибыли от реализации продукции на 254,402 тыс. руб., что в 2,5 раза больше фактически сложившегося уровня. Уровень рентабельности продукции в перспективе составит 65,03 %.

### Заключение

Таким образом, использование экономико-математических методов при планировании развития на перспективу позволяет рассчитать возможное увеличение экономической эффективности деятельности овощеводческих организаций Могилевской области. Решение предлагаемой экономико-математической задачи показало, что практическое использование организациями совместного планирования производственной программы является оптимальным и экономически обоснованным.

### ЛИТЕРАТУРА

- Гнатюк, С. Н. Инвестиции как фактор устойчивого развития сельского хозяйства Беларуси / С. Н. Гнатюк // Проблемы экономики. – 2019. – № 2(29). – С. 21–30.
- Васин, С. В. Управление устойчивостью предприятия в условиях цифровой экономики / С. В. Васин // Экономический анализ: теория и практика. – 2018. – Том 17. – № 6. – С. 1100–1113.
- Гнатюк, С. Н. Кластерный механизм обеспечения устойчивости агропромышленного комплекса / С. Н. Гнатюк // Проблемы экономики. – 2020. – № 1(30). – С. 54–63.
- Гусаков, В. Как обеспечить устойчивость, конкурентность и эффективность национального АПК / В. Гусаков // Аграрная экономика. – 2020. – № 2. – С. 3–11.
- Гусаков, В. Г. Приоритетные направления повышения эффективности, конкурентоспособности и устойчивости развития аграрной отрасли Республики Беларусь / В. Г. Гусаков, А. П. Шпак // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2018. – Т. 56. – № 4. – С. 401–409.
- Гусаков, Е. Кластеры как система организации эффективного хозяйствования / Е. Гусаков // Аграрная экономика. – 2020. – № 4. – С. 28–33.
- Гусаков, Е. В. Теоретико-методологические основы мегакластерного развития АПК / Е. В. Гусаков // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2018. – Т. 56. – № 3. – С. 286–303.
- Одинокенкова, Н. В. Факторы устойчивого экономического развития промышленных предприятий / Н. В. Одинокенкова // Синергия. – 2018. – № 8. – С. 22–28.
- Средние цены производителей сельскохозяйственной продукции [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/tseny/tseny-proizvoditeley/> - Дата доступа: 20.06.2021 г.

## ПОЛЕВОЕ КОРМОПРОИЗВОДСТВО БЕЛАРУСИ: СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛИ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА, РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ РАБОТЫ

Б. М. ШУНДАЛОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 06.07.2021)

*Возделыванием полевых кормовых культур (кукурузы на зеленую массу, многолетних, однолетних трав и др.) занимаются, по существу, все сельхозорганизации Беларуси. Согласно официальным данным, удельный вес севооборотных кормовых культур в составе общей посевной площади составляет не менее 40 %. Аналитические данные показывают, что за период 2015–2019 гг. валовое производство зеленой массы кукурузы увеличилось более, чем на 20 %; более, чем на четверть повысилась урожайность этой культуры. Следует обратить внимание на то, что в современных официальных источниках не отражается какая-либо информация о производстве первичной кормовой продукции многолетних трав, выращивание которых практикуется во многих сельхозорганизациях.*

*Углубленное изучение работы кормопроизводящей отрасли проведено на примере СПК «Агрокомбинат Снов» Несвижского района, где укреплению кормовой базы уделяется повышенное внимание. Под посевы кормовых культур в 2019 г. в этой сельхозорганизации было занято более 44 % площади пахотных земель. За период 2015–2019 гг. в хозяйстве почти на 58 % увеличился валовой сбор первичной кормовой продукции, причем сопоставимый показатель урожайности многолетних трав превышал урожайность кукурузы на зеленую массу. В агрокомбинате «Снов» нацелены на системную интенсификацию как мощное средство улучшения производственно-экономических и финансовых показателей, среди которых – последовательное повышение производительности труда. На примере кормопроизводящей отрасли СПК «Агрокомбинат Снов» предложен вариант методического совершенствования расчета и оценки основного показателя производительности труда. В статье отмечается, что наиболее точной характеристикой производительности труда целесообразно считать показатель производства не валовой, а чистой продукции в расчете на единицу рабочего времени. В статье оцениваются основные экономико-финансовые результаты работы полевой кормопроизводящей отрасли СПК «Агрокомбинат Снов» за период 2015–2019 гг.*

**Ключевые слова:** кормовые культуры, урожайность, чистая продукция, производительность труда, конечная результативность.

*The cultivation of field fodder crops (maize for green mass, perennial, annual grasses, etc.) is carried out, in essence, by all agricultural organizations in Belarus. According to official data, the share of crop rotation forage crops in the total sown area is at least 40 %. Analytical data show that for the period 2015–2019 the gross production of green mass of corn increased by more than 20 %; the yield of this crop increased by more than a quarter. It should be noted that modern official sources do not reflect any information on the production of primary fodder products of perennial grasses, the cultivation of which is practiced in many agricultural organizations.*

*An in-depth study of the work of the fodder industry was carried out on the example of the agricultural complex «Agrokombinat Snov» in the Nesvizh region, where increased attention is paid to strengthening the fodder base. In 2019, this agricultural organization occupied more than 44 % of the arable land for sowing forage crops. For the period 2015–2019 on the farm, the gross harvest of primary fodder products increased by almost 58 %, and the comparable yield of perennial grasses exceeded the yield of corn per green mass. The agro-industrial complex «Snov» is aimed at systemic intensification as a powerful means of improving production, economic and financial indicators, among which is a consistent increase in labor productivity. On the example of the feed-producing industry of «Agrokombinat Snov», a variant of the methodological improvement of calculation and assessment of the main indicator of labor productivity is proposed. The article notes that it is advisable to consider the indicator of production of not gross, but net production per unit of working time as the most accurate characteristic of labor productivity. The article evaluates the main economic and financial results of work of the field fodder-producing industry of «Agrokombinat Snov» for the period 2015–2019.*

**Key words:** fodder crops, yield, net production, labor productivity, final productivity.

### Введение

Специализированными видами каждой сельскохозяйственной организации Беларуси является производство молока и продукции выращивания крупного рогатого скота. Кроме того, в республике немало хозяйств, занимающихся разведением и выращиванием свиней, птицы. В этих условиях сельхозорганизации вынуждены производить большие объемы разнообразной кормовой продукции, занимая под полевые посевы кормовых культур до половины площади пахотных земель. Среди кормовых культур основное место традиционно принадлежит многолетним травам, кукурузе, однолетним травам. Если учитывать ту существенную часть производимого зерна, которое используется для изготовления комбинированных кормов, либо подвергается размолу, плющению и далее идет на корм сельскохозяйственным и птице, то в сельхозорганизациях республики под общее полевое кормопроизводство ежегодно занимается не менее 75 % площади пахотных земель.

Первичная кормовая продукция, главным образом, зеленая масса кукурузы, многолетних и однолетних трав, которая формируется за счет возделывания кормовых культур, не считается товарной продукцией. Поэтому руководители и специалисты сельхозорганизаций основное внимание уделяют

высокоотоварным растениеводческим отраслям [3], тогда как возделывание кормовых трав проводится по остаточному принципу, т.е. опираясь на минимальные материально-трудовые затраты. Вместе с тем почти повсеместно уделяется повышенное внимание выращиванию кукурузы на зеленую массу.

Важно обратить внимание на то, что во многих сельхозорганизациях из года в год урожайность полевых кормовых культур оказывается невысокой, из-за чего под этими культурами хозяйства занимают немалые посевные площади. Считается, что первичная кормовая продукция (зеленая масса) отличается невысокой трудоемкостью, материалоемкостью, производственной себестоимостью кормовой единицы, но любая сельхозорганизация должна нацеливать работу полевого кормопроизводства на гармоническое сочетание максимальной урожайности культур с минимальной затратностью продукции.

### Основная часть

Процесс подготовки статьи обеспечивался за счет использования официальных источников информации [1–4], опубликованных материалов [5–8], годовой учетно-статистической отчетности СПК «Агрокомбинат Снов» Несвижского района. Применялись разнообразные методы и приемы обработки данных: абсолютных и относительных показателей, средних величин, показателей динамики, структуры и др. Следует отметить, что в составе библиографических источников по теме недостаточно работ экономической направленности. Выполнение работы обеспечивалось за счет накопленного авторского опыта.

Сельскохозяйственные организации Беларуси располагают комплексом силового и производственного оборудования для системного возделывания всех кормовых культур без использования ручного труда. Это означает, что высокопроизводительный технический и технологический потенциал сельхозорганизаций позволяет обеспечивать позитивную динамику производительности труда в полевой кормопроизводящей отрасли. Но современные официальные источники информации содержат ограниченные сведения о производственно-экономических показателях работы в кормопроизводящей отрасли республики. Поэтому при оценке работы этой отрасли приходится использовать лишь наиболее общие данные, характеризующие посевные площади, валовые сборы, урожайность отдельных кормовых культур. Динамические изменения производственных показателей, характеризующих работу полевой кормопроизводящей отрасли во всех категориях хозяйств Беларуси за период 2015–2019 гг., можно оценить по данным табл. 1.

Таблица 1. Динамика основных производственных показателей работы полевого кормопроизводства во всех категориях хозяйств Беларуси

Показатели	Годы			2019 г. в % к 2015 г.
	2015	2017	2019	
Посевная площадь кормовых культур, тыс. га	2663	2546	2560	96,1
Доля посевов кормовых культур в составе общей посевной площади, %	45,3	43,6	43,4	-1,9 п.п.
Валовой сбор урожая кормовых культур:				
кукурузы на зеленую массу, млн. т	17,3	21,8	20,9	120,3
кормовых корнеплодов, тыс. т	404	279	281	69,6
Урожайность 1 га кормовых культур, т:				
кукурузы на зеленую массу	17,5	25,6	22,3	127,4
кормовых корнеплодов	28,7	38,6	41,8	145,6

Примечание. Официальные данные [4] и расчет автора.

Данные табл. 1 показывают, что в полевой кормопроизводящей отрасли Беларуси за период 2015–2019 гг. произошли значительные изменения: сократилась общая посевная площадь разнообразных кормовых культур, которая состоит из севооборотных посевов многолетних и однолетних трав, кукурузы на зеленую массу, а также кормовых корнеплодов. Следует отметить, что в современных официальных источниках информации [4] не принято отражать данные о многолетних и однолетних травах, хотя во многих сельхозорганизациях эти культуры занимают значительную часть севооборотных площадей. Между тем табличные данные показывают, что в структуре посевных площадей сельхозкультуры непосредственного кормового назначения за изучаемый период снизились почти на 2 %, но вместе с тем обращает на себя внимание существенный (более, чем на 20 %) прирост зеленой массы кукурузы. Сокращение же валового сбора кормовых корнеплодов почти на треть объясняется последовательным уменьшением посевной площади этих культур. За изучаемый период во всех категориях хозяйств Беларуси более, чем на четверть повысилась средняя урожайность кукурузы на зеленую массу, поднялась урожайность кормовых корнеплодов (на 45,6 %). Это означает, что при возделывании этих культур было обращено внимание на усиление процесса интенсификации производства.

Углубленное изучение работы кормопроизводящей отрасли проведено на примере сельскохозяйственного производственного кооператива (СПК) «Агрокомбинат Снов» Несвижского района. Он обладает мощным производственно-экономическим потенциалом: земельным фондом, средствами производства, рабочей силой. Функционирование этого потенциала позволяет ежегодно производить большие объемы растительного и животного сырья, значительная часть которого перерабатывается во внутрихозяйственных промышленных подразделениях. Позитивные производственно-экономические результаты работы сельхозорганизации достигаются за счет системной интенсификации разнообразных отраслей. Для содержания высокопродуктивного поголовья крупного рогатого скота, свиней, птицы в агрокомбинате «Снов» уделяют повышенное внимание укреплению кормовой базы. Так, под посевы кормовых культур (кукурузы на зеленую массу и многолетних трав) в 2019 г. было занято свыше 44 % пахотных земель хозяйства. Динамические изменения основных показателей, характеризующих производственно-экономическое состояние полевого кормопроизводства в СПК «Агрокомбинат Снов» за период 2015–2019 гг., можно оценить по данным табл. 2. В целях повышения объективности оценки табличных данных стоимостные показатели скорректированы на базисные индексы потребительских цен [2].

Таблица 2. Динамика основных показателей работы полевой кормопроизводящей отрасли в СПК «Агрокомбинат Снов»

Показатели	Годы			2019 г. в % к 2015 г.
	2015	2017	2019	
Посевная площадь кормовых культур, га	1869	2532	2699	144,4
В том числе:				
многолетних трав на сено и зеленую массу	396	726	559	141,2
кукурузы на зеленую массу	1473	1812	2140	145,3
Валовой сбор продукции кормовых культур, тыс. т кормоединиц	15,2	19,8	24,0	157,9
В том числе:				
многолетних трав на сено и зеленую массу	4,8	7,3	4,6	95,8
кукурузы на зеленую массу	10,4	12,5	19,6	188,5
Урожайность 1 га кормовых культур, т к.е.	8,1	7,8	8,9	109,9
В том числе:				
многолетних трав на сено и зеленую массу	12,1	10,1	9,2	76,0
кукурузы на зеленую массу	7,1	6,9	8,0	112,7
Себестоимость 1 т к.е. (фактическая), руб.:				
многолетних трав на сено и зеленую массу	70	85	124	177,1
кукурузы на зеленую массу	125	144	212	169,6
Базисные индексы потребительских цен, %	100	118,1	130,2	130,2
Себестоимость 1 т к.е. (скорректированная), руб.:				
многолетних трав на сено и зеленую массу	70	68	89	127,1
кукурузы на зеленую массу	125	116	153	122,4

Примечание. Авторский расчет по данным годовых отчетов.

Из данных табл. 2 видно, что в полевом кормопроизводстве СПК «Агрокомбинат Снов» за период 2015–2019 гг. произошли значительные изменения. Прежде всего, существенно (более, чем на 40 %) увеличилась посевная площадь кормовых культур, почти на 58 % возрос объем первичной кормовой продукции. Но если валовой сбор продукции многолетних трав на 4,2 % сократился, то объем зеленой массы кукурузы за изучаемый период повысился почти в 1,9 раза. Обращает на себя особое внимание высокий уровень урожайности многолетних трав на сено и зеленую массу: показатели урожайности трав ежегодно превышали урожайность кукурузы на зеленую массу. Важно отметить, что в агрокомбинате «Снов» за период 2015–2019 гг. имело место существенное повышение себестоимости 1 т первичной кормовой продукции. Так, при условии корректировки себестоимости продукции на базисные индексы потребительских цен оказалось, что себестоимость 1 т кормоединиц продукции многолетних трав увеличилась более, чем на 27 %, себестоимость 1 т к.е. зеленой массы кукурузы повысилась на 22,4 %. Это означает, что целенаправленное повышение интенсификации производства должно сопровождаться последовательной экономией трудовых затрат, расходных материалов, динамическим снижением себестоимости продукции.

Интенсификация производства – не самоцель, а лишь мощное средство улучшения производственно-экономических показателей и финансовых результатов, среди которых последовательное повышение производительности труда во многом определяет конкурентоспособность рыночной продукции. Но поскольку первичная продукция полевого кормопроизводства в сельхозорганизациях Беларуси не проходит рыночную стадию, то нередко считается, что при возделывании кормовых куль-

тур необязательно обращать особое внимание на формирование промежуточной (технологической) и конечной производительности труда. На самом деле в производительности труда воплощены овеществленные трудовые затраты, которые неизбежно приходится перекладывать на себестоимость высокотоварных (рыночных) видов животноводческой продукции. Именно поэтому показатели производительности труда в полевом кормопроизводстве должны быть в центре внимания специалистов аграрного профиля.

Целесообразно обратить внимание на то, что кормовая значимость 1 кормоединицы нетоварной продукции полевого кормопроизводства по элементарному питательному составу почти не уступает аналогичной содержательности кормовой единицы в составе высокотоварной зерновой продукции. Следовательно, стоимостная оценка первичной продукции кормовых культур может быть приравнена к цене произведенного зерна. Это означает, что в стоимостном составе кормовой продукции потенциально содержится не только стоимость расходных материалов, но и чистая продукция (валовой доход, добавленная стоимость), которая в свою очередь состоит из трудовых затрат и чистого дохода. Объем чистой продукции – результат интеллектуальной и трудовой деятельности производственного коллектива. Значит, именно чистая, а не валовая продукция – это базовый исходный показатель для расчета и оценки производительности живого труда работников [8].

Проведенные расчеты объема чистой продукции, созданной при возделывании кормовых культур, позволяют определить объективный уровень производительности живого труда, который может быть найден путем отношения чистой продукции к прямым затратам труда. Динамические изменения показателей, необходимых для расчета производительности труда в полевом кормопроизводстве СПК «Агрокомбинат Снов» за период 2015–2019 гг., можно оценить по данным табл. 3. Для повышения объективности конечного результата часовая производительность труда скорректирована на базисные индексы потребительских цен [2].

Таблица 3. Расчет часовой производительности живого труда в полевой кормопроизводящей отрасли СПК «Агрокомбинат Снов»

Показатели	Годы			2019 г. в % к 2015 г.
	2015	2017	2019	
Валовое производство первичной кормовой продукции полевого кормопроизводства, тыс. т к.е.	15,2	19,8	24,0	157,9
Средняя цена 1 т к.е. зерна, руб.	303	393	616	203,3
Валовая продукция полевого кормопроизводства по средней цене зерна, млн. руб.	4,6	7,8	14,8	321,7
Материальные затраты в кормопроизводстве, млн. руб.	1,3	2,0	3,7	284,6
Чистая продукция в кормопроизводстве, млн. руб.	3,3	5,8	11,1	336,4
Прямые затраты труда в кормопроизводстве, тыс. чел. час	32	34	23	71,9
Расчетная часовая производительность живого труда в кормопроизводстве, руб.	103	171	483	468,9
Базисные индексы потребительских цен, %	100	118,1	130,2	130,2
Скорректированная часовая производительность живого труда в кормопроизводстве, руб.	103	145	371	360,2

Примечание. Авторский расчет по данным годовых отчетов.

Данные табл. 3 показывают, что при условии стоимостной оценки валового производства продукции полевой кормопроизводящей отрасли по зерновым ценам в СПК «Агрокомбинат Снов» за период 2015–2019 гг. расчетная часовая производительность живого труда в полевом кормопроизводстве многократно увеличилась. Если часовую производительность живого труда скорректировать на базисные индексы потребительских цен, то среднегодовой темп прироста этого показателя в агрокомбинате может составить более 8 %. Безусловно, такой результат динамического повышения производительности труда свидетельствует о позитивной работе хозяйства в полевой кормопроизводящей отрасли.

Предложенный автором методический аспект стоимостной оценки продукции кормовых культур, последующего исчисления чистой продукции и расчета уровня производительности живого труда открывает возможность определения конечных экономико-финансовых результатов работы полевой кормопроизводящей отрасли. Необходимо иметь в виду, что конечные экономико-финансовые показатели в отраслях, не считающихся товарными, носят условный характер. Результаты расчета основных экономико-финансовых показателей в полевой кормопроизводящей отрасли СПК «Агрокомбинат Снов» за период 2015–2019 гг. можно оценить по данным табл. 4. Для повышения объективности оценки табличных данных стоимостные показатели скорректированы на базисные индексы потребительских цен [2].

Из данных табл. 4. видно, что в кормопроизводящей отрасли СПК «Агрокомбинат Снов» за период 2015–2019 гг. существенно улучшены основные экономико-финансовые показатели. Объем чистой продукции (валового дохода, добавленной стоимости и чистого дохода) приходящейся на 1 т кормоединиц, за это время вырос более, чем в 2 раза.

Таблица 4. Динамика основных экономико-финансовых результатов работы полевой кормопроизводящей отрасли в СПК «Агрокомбинат Снов»

Показатели	Годы			2019 г. в % к 2015 г.
	2015	2017	2019	
<b>Фактические показатели</b>				
Чистая продукция в расчете на 1 т к.е., руб.	217	293	462	212,9
Чистый доход в расчете на 1 т к.е., руб.	197	267	420	213,2
Себестоимость 1 т к.е. в процессе производства:				
зеленой массы многолетних трав, руб.	70	80	124	177,1
зеленой массы кукурузы, руб.	125	144	212	169,6
Базисные индексы потребительских цен, %	100	118,4	130,2	130,2
<b>Скорректированные показатели</b>				
Чистая продукция в расчете на 1 т к.е., руб.	217	248	355	163,6
Чистый доход в расчете на 1 т к.е., руб.	197	226	323	164,0
Себестоимость 1 т к.е. в процессе производства:				
зеленой массы многолетних трав, руб.	70	68	95	135,7
зеленой массы кукурузы, руб.	125	122	163	130,4
Условный уровень рентабельности производства, %:				
зеленой массы многолетних трав	348,5	374,4	388,7	40,2 п.п.
зеленой массы кукурузы	152,8	177,1	199,1	46,3 п.п.
Общий условный уровень рентабельности отрасли, %	187,5	212,0	214,9	27,4 п.п.

Примечание. Авторский расчет по данным годовых отчетов.

Одновременно повысилась производственная себестоимость зеленой массы многолетних трав (на 77.1%) и кукурузы (почти на 70 %). Корректировка стоимостных показателей на базисные индексы потребительских цен выявила, что темпы роста чистой продукции и чистого дохода в расчете на 1 т кормоединиц первичной кормовой продукции значительно обгоняли соответствующие темпы повышения себестоимости зеленой массы трав и кукурузы. В результате в полевой кормопроизводящей отрасли сформировался довольно высокий условный уровень рентабельности, причем рентабельность производства зеленой массы многолетних трав оказалась почти вдвое выше аналогичного показателя при возделывании кукурузы на зеленую массу.

### Заключение

Природно-климатические условия Беларуси пригодны для повсеместного возделывания культур кормовой группы, но в силу исторических причин естественное плодородие почв невысокое: согласно официальным данным, белорусские почвы на пахотных массивах оценены в среднем немногим более 30 баллов. Это означает, что для успешного ведения полевого кормопроизводства, основанного на высокой урожайности кормовых культур, сельхозорганизациям необходимо исповедовать принцип системной интенсификации выращивания этих культур [6, 7]. Особенно важно пахотный слой белорусских минеральных почв обогащать органическими элементами, т.е. всемерно усиливать гумусный потенциал обрабатываемых земель. Это достигается внесением в почву высоких доз органических удобрений, прежде всего навоза, перегноя и т.п., а также путем постоянного введения в севообороты посевов сидеральных культур. Следует отметить, что эти традиционные приемы искусственного улучшения почв нередко игнорируются, отдавая предпочтение внесению в почву дорогостоящих минеральных туков. Между тем некоторые сельхозорганизации, имеющие высокую плотность поголовья сельхозживотных, накапливают и вносят в почву немалые дозы органических удобрений и в гармоническом сочетании с другими факторами интенсификации выращивают высокие урожаи сельскохозяйственных культур. В свою очередь высокая урожайность кормовых культур – это залог самодостаточной кормообеспеченности поголовья крупного рогатого скота, основа последовательного повышения производительности труда в кормопроизводящей отрасли, потенциальная возможность улучшения экономико-финансовых результатов работы полевого кормопроизводства.

Аналитические экономико-финансовые результаты функционирования полевой кормопроизводящей отрасли СПК «Агрокомбинат Снов» за период 2015–2019 гг. убедительно показывают, что при повышенном внимании к возделыванию кормовых культур можно производить немалые объемы недорогой первичной кормовой продукции с высоким уровнем ее окупаемости. Это в свою очередь позволяет обеспечивать нарастание молочного и мясного потенциала крупного рогатого скота с од-

новременным снижением производственной себестоимости и повышением рыночной конкурентоспособности животноводческой продукции.

*ЛИТЕРАТУРА*

1. Гусаков, В. Г. Аграрная экономика: термины и понятия: энцикл. справ. / В. Г. Гусаков, Е. И. Дереза. – Минск: Белорус. наука, 2008. – 576 с.
2. Индексы потребительских цен по республике Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/tseny-potrebitelskie-tseny/operativnyedannye/indeksy-potrebitelskih-tsen-po-respublike-belarus>.
3. Предложения по интенсификации и повышению эффективности товарных отраслей растениеводства / В. Г. Гусаков [и др.] – Минск, 2007 – 35 с.
4. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. – Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2020. – 180 с.
5. Шундалов, Б. М. Экономическая эффективность производства и реализации сельскохозяйственной продукции: монография / Б. М. Шундалов – Горки: БГСХА, 2017. – 245 с.
6. Шундалов, Б. М. Системная интенсификация производства и себестоимость сельскохозяйственной продукции / Б. М. Шундалов. – Горки: БГСХА, 2020. – 303 с.
7. Шундалов, Б. М. Системная интенсификация производства и себестоимость продукции кормовых культур / Б. Шундалов // Аграрная экономика, 2020. – №7. – С. 59–72.
8. Шундалов, Б. М. Производительность сельскохозяйственного труда: методы оценки / Б. М. Шундалов // Экономический бюллетень, 2018. – №4. – С. 35–40.

## ПОНЯТИЕ И ТИПОЛОГИЯ СВОБОДНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН

А. В. ГРИБОВ

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь, 230008; e-mail: mr.andrey.gribov@yandex.ru

В. Н. КУЛАКОВ, П. МИШТАЛЬ

Национальное агентство академических обменов Польши (NAVA),  
Университет им. Я. Кохановского  
г. Кельце, Республика Польша, 25-318; e-mail: vasil-kulakov@yandex.ru; pmisztal@ujk.edu.pl

(Поступила в редакцию 13.07.2021)

Фундаментом в понимании сущности того или иного экономического явления является его словесная дефиниция, через которую передаются наиболее существенные черты и особенности. В силу своей долгой истории и разнообразия форм существует множество подходов к определению свободных (специальных) экономических зон (СЭЗ), а соответственно к терминологии, используемой для обозначения данного феномена. Отсутствие единства как в терминологии, так и в разделении их на типы, объясняется наличием большого количества видов СЭЗ, функциональный оттенок каждой из которых отражается в названии. В данной статье проведен анализ существующих подходов к определению понятия свободной экономической зоны, а также изучены наиболее распространенные в международной теории и практике классификации СЭЗ. В ходе исследования было выявлено, что большинство авторов едины в том, что общими чертами всех СЭЗ являются: предоставление инвесторам особого режима ведения хозяйственной деятельности и территориальная ограниченность зоны, на которой действует этот особый режим. Также предложен авторский подход к типологии свободных экономических зон, в рамках которого все СЭЗ подразделяются на шесть основных типов: свободные торговые (транзитные) зоны (СТЗ); свободные экспортно-производственные зоны (СЭПЗ); специализированные СЭЗ; многофункциональные СЭЗ; инновационные (научно-промышленные) СЭЗ; трансграничные СЭЗ.

**Ключевые слова:** специальные (свободные) экономические зоны, понятие СЭЗ, типология СЭЗ.

The foundation in understanding the essence of a particular economic phenomenon is its verbal definition, through which the most essential features and characteristics are conveyed. Due to its long history and variety of forms, there are many approaches to the definition of free (special) economic zones (FEZ), and accordingly to the terminology used to denote this phenomenon. The lack of unity both in terminology and in dividing them into types is explained by the existence of a large number of varieties of FEZ, the functional shade of each of which is reflected in the name. This article analyzes the existing approaches to the definition of the concept of a free economic zone, as well as the most common classifications of FEZs in international theory and practice. In the course of the study, it was revealed that most of the authors agree that the common features of all FEZs are: providing investors with a special regime for conducting economic activities and territorial limitation of the zone in which this special regime operates. The author's approach to the typification of free economic zones was also proposed, in which all FEZs are divided into six main types: free trade (transit) zones (STZ); free export-processing zones (SEZ); specialized FEZs; multifunctional (complex) FEZs; innovative (scientific and industrial) FEZs; cross-border free economic zones.

**Key words:** special (free) economic zones, concept of FEZ, typology of FEZ.

### Введение

В современных условиях ведения хозяйственной деятельности ни один сектор экономики не в состоянии полноценно развиваться без своевременного насыщения его капиталом. Не является исключением и агропромышленный комплекс (далее – АПК) Республики Беларусь. В стране данному сектору отведена особая роль как в реализации программ по импортозамещению, так и в наращивании экспортного потенциала страны. Размещение производств (предприятий) на территории СЭЗ может стать дополнительным катализатором роста объемов производства и реализации продукции АПК. Для успешного функционирования данного механизма необходимо глубокое понимание как сущности феномена СЭЗ, так и процессов, формирующих особую среду ведения бизнеса.

Согласно экспертам Всемирного банка, Т. Фароле и Г. Акинджи, если попросить трех человек дать характеристику свободной (специальной) экономической зоны (далее – СЭЗ), то с высокой вероятностью можно получить три разных описания. Первый может представить выделенную географически промышленную территорию в развивающейся стране, занятую преимущественно многонациональными корпорациями, пользующимися налоговыми льготами и дешевой рабочей силой, вынужденной мириться с тяжелыми условиями труда. Другой, напротив, может рассказать о «чуде Шэньчжэня», рыбацкой деревне, ставшей мегаполисом с населением 14 млн человек и валовым внутренним продуктом на душу населения, выросшим в 100 раз за 30 лет с тех пор как она была объявлена СЭЗ. Третий может подумать о таких местах, как Дубай или Сингапур, порты которых служат базой для широкого спектра торговых и логистических мероприятий. На самом деле, все три варианта являются правильными описаниями этого разнообразного феномена [12].

Определению сущности понятия «свободных экономических зон» и их разделению на типы в соответствии с различными классификационными признаками, посвящены труды многих ученых и практиков [1, 2, 5, 6, 7, 10, 12]. В международных правовых актах, а также в законодательстве практически каждого государства, использующего СЭЗ как инструмент для привлечения иностранного капитала, также закреплены дефиниции данного феномена, формы возможной организации таких образований и их функции [9, 15, 11, 3, 8, 4, 14].

Существующие разночтения свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших исследований в данной области, с целью выявления значимых характерных особенностей и выработки более универсальной типологии СЭЗ.

### **Основная часть**

Существует мнение, что широкая трактовка СЭЗ недопустима. Однако на наш взгляд, прежде чем исследовать узкие (специальные) дефиниции, необходимо четко понимать, что лежит в самой основе изучаемого явления. В рамках этого исследования мы проведем анализ существующих подходов к общему определению феномена СЭЗ, предложим их авторскую типологию.

Первое определение для такого вида территориальных образований на международном уровне было сформулировано в Международной конвенции об упрощении и гармонизации таможенных процедур (Киото, 1973) в специальном приложении D – «свободная зона – это часть территории Договаривающейся стороны, в пределах которой помещенные туда товары обычно рассматриваются как находящиеся за пределами таможенной территории в отношении ввозных пошлин и налогов» [9].

Специалисты ЮНКТАД в рамках «World Investment Report 2019» определяют специальные экономические зоны как «географически разграниченные районы, в пределах которых правительства содействуют промышленной деятельности посредством налоговых и нормативных стимулов и поддержки инфраструктуры» [15].

Группа экспертов Всемирного банка полагает, что СЭЗ в широком смысле можно определить как «разграниченные географические зоны, расположенные в пределах национальных границ страны, где правила ведения бизнеса отличаются от тех, которые преобладают на остальной национальной территории. Эти дифференцированные правила в основном касаются условий инвестирования, международной торговли и таможни, налогообложения и нормативно-правовой среды» [12].

Согласно докладу, опубликованному специалистами FIAS также относящимися к Группе Всемирного банка, принципы, заложенные в базовую концепцию особой экономической зоны, включают: географическое ограничение территории, обычно физически охраняемую (огороженную); единое управление/администрирование; право на получение льгот, основанных на физическом местоположении в пределах зоны; отдельная таможенная зона (беспшлинные льготы) и упрощенные процедуры [11].

В документе «Отслеживание особых экономических зон на Западных Балканах», опубликованном под эгидой ОЭСР, «специальные экономические зоны (также называемые свободными зонами) представляют собой определенные географические районы в рамках экономики, где деловая активность регулируется правилами, отличными от тех, которые преобладают в остальной части экономики. Эти правила могут относиться к инвестиционным условиям, торговле, таможне, налогам и т.д.» [14].

В Законе Республики Беларусь «О свободных экономических зонах» № 213-З от 7 декабря 1998 г. «свободная экономическая зона – часть территории Республики Беларусь с определенными границами, в пределах которой в отношении резидентов этой свободной экономической зоны устанавливается и действует специальный правовой режим для осуществления ими инвестиционной и предпринимательской деятельности» [3].

В российском законодательстве в настоящее время в качестве основного понятия используется «особая экономическая зона». Согласно ст. 2 116-ФЗ «Об особых экономических зонах в Российской Федерации», особая экономическая зона – определяемая Правительством часть территории Российской Федерации, на которой действует особый режим предпринимательской деятельности» [4].

Согласно законодательству Республики Польша, особая экономическая зона – это отдельная, нежилая часть территории страны, где предпринимательская деятельность может осуществляться на льготных условиях, определенных в Законе об особых экономических зонах от 20 октября 1994 г. [8].

Такое разнообразие подходов, на национальных и международном уровнях, предоставляет широкий диапазон для проведения научных исследований и представления учеными собственных формулировок.

Профессор Т. П. Данько определяет СЭЗ как «составную часть хозяйственного комплекса страны, специально выделяемую на данном этапе из общего экономического контекста в качестве приоритет-

ной, обеспечивающую распределение и производство общественного продукта, включая иностранный продукт для достижения при этом определенной конкретной цели в социально-экономическом развитии страны» [2, с. 6].

Н. Н. Шмонов, основываясь на дефиниции, данной в российском законодательстве, предлагает следующую трактовку понятия ОЭЗ: особая экономическая зона – это часть национальной территории с целостной системой связей и отношений, на которой действуют особые льготные условия экономической деятельности для решения социально-экономических и научно-технических задач [7].

Один из ведущих специалистов в России в данной научной области Васильев Л. Н. определяет СЭЗ как территориальные анклавов, которые широко открыты для перемещения товаров, капиталов и рабочей силы, в которых создаются наиболее привлекательные налоговые, финансовые, правовые условия для деятельности иностранных и местных предпринимателей [1, с. 51].

К. А. Семенов определил СЭЗ как «географические территории, которым их политические центры предоставляют более льготный по сравнению с общепринятым для данного государства режим хозяйственной деятельности» [5].

Японский экономист Т. Симадзак рассматривает СЭЗ как «районы, в которых приостановлено действие отдельных статей национального законодательства с целью содействия ускоренному экономическому развитию, сохранению или повышению существующего уровня занятости» [6, с. 15].

Д. Ч. Цзэн отмечает, что, несмотря на существующие различия, все СЭЗ имеют определенные общие черты. В широком смысле концепцию ОЭЗ определяют четыре характеристики: (1) это географически очерченная территория, обычно физически защищенная; (2) она имеет единое управление или администрацию; (3) она предлагает преимущества для инвесторов, физически находящихся в зоне; и (4) она имеет отдельную таможенную зону (беспшлинные льготы) и упрощенные процедуры [10].

Таким образом, анализ подходов к определению феномена СЭЗ показал, что большинство авторов сходятся в том, что общими чертами всех СЭЗ (ОЭЗ) являются: предоставление инвесторам особого режима ведения хозяйственной деятельности, отличного от преобладающего на остальной территории страны (региона) и ограниченность (как правило географическая) территории на которой действует этот особый режим.

Свободные экономические зоны прошли достаточно длительный путь эволюции. Создаваясь для достижения экономических и политических целей СЭЗ постепенно видоизменялись, приобретая новые черты, формы и особенности. Нами проведен анализ наиболее распространенных типологий и форм зон, сформировавшихся к настоящему времени.

Эксперты ЮНКТАД разделяют СЭЗ по двум основным классификационным признакам: специализации и форме организации (табл. 1).

Таблица 1. Функциональная таксономия СЭЗ

Тип	Описание
	Специализация
Логистические хабы (свободные торговые зоны)	Предоставляют коммерческие, складские и логистические услуги; услуги по упрощению торговых процедур для транзита и реэкспорта в аэропортах, морских портах, на границах. Могут располагаться рядом с крупными промышленными районами или в их пределах.
Многофункциональные СЭЗ	Нацелены на общепромышленное развитие; не имеют конкретного профиля.
Специализированные СЭЗ	Ориентированы на развитие отдельных секторов и отраслей, а также на деятельность глобальных производственно-сбытовых цепей.
Инновационные СЭЗ	Создаются с целью модернизации промышленности и развития новых отраслей (зоны высоких технологий, биотехнологические зоны, экозоны).
	Форма организации
Крупномасштабные зоны	Большие интегрированные зоны, часто совпадающие с субнациональным административным районом или построенные как поселки с жилыми районами и инфраструктурой.
Зоны, ориентированные на ПИИ	Создаются в рамках партнерства между странами-экспортерами капитала и странами с низким уровнем дохода.
Трансграничные / региональные зоны развития	Нацелены на содействие региональному экономическому сотрудничеству и использованию эффекта масштаба, связанного с региональными рынками.

Источник: [15]

Классификация, предложенная специалистами ОЭСР (табл. 2), отличается от приведенной выше. Авторы отмечают, что данная классификация не охватывает индустриальные и технологические парки, поскольку СЭЗ по их определению требуют предоставления конкретной нормативной базы и/или

режима стимулирования, ограниченного предприятиями, работающими на территории заранее определенной зоны.

Таблица 2. **Общая классификация видов СЭЗ**

Тип зоны	Цель развития	Описание
Свободные торговые зоны	Развитие торговли	Также известные как коммерческие свободные зоны. Это четко разграниченные зоны, предлагающие складские и другие виды услуг, направленные на стимулирование импорта и экспорта.
Экспортно-производственные зоны (ЭПЗ)	Экспортное производство	Промышленные кластеры, стимулирующие развитие производственной и другой деятельности, преимущественно ориентированной на экспорт.
Гибридные ЭПЗ	Экспортное производство	Зоны, имеющие дополнительное разграничение. Одна часть открыта для всех отраслей промышленности независимо от их экспортной ориентации, а другая – специально предназначена для фирм, ориентированных на экспорт.
Свободные порты	Комплексное развитие	Большие территории, охватывающие разнообразные виды деятельности и широкий спектр стимулов и льгот.
Зоны свободного предпринимательства	Развитие территорий	Направленные на оживление проблемных городских и сельских районов. Распространены в развитых странах и характеризуются предоставлением налоговых льгот и финансовых субсидий.
Моно производственные ЭПЗ	Экспортное производство	Льготы предоставляются конкретному предприятию, а не географическому региону.

Источник: [11, 14]

Т. Фароле и Г. Акинджи в отчете «Особые экономические зоны (ОЭЗ): прогресс, возникающие проблемы и будущие направления» предложена схожая, однако более ограниченная версия классификации СЭЗ (табл. 3).

Таблица 3. **Краткое описание типов ОЭЗ**

Тип зоны	Цель развития	Деятельность	Рынки
Свободные торговые (коммерческие) зоны	Поддержка торговли	Предпринимательство и/или торговля	Внутренний, внешний (в т.ч. ре-экспорт)
Традиционные ЭПЗ	Экспорт и производство	Производство и/или переработка	Преимущественно внешний
Зоны свободного предпринимательства (одномодульные ЭПЗ)	Экспорт и производство	Производство и/или переработка	Преимущественно внешний
Гибридные ЭПЗ	Экспорт и производство	Производство и/или переработка	Внешний и внутренний
Свободные порты	Комплексное развитие	Многоцелевая	Внешний и внутренний

Источник: [12]

Доктор Ж.-П. Родриге в своей работе «География транспортных систем» отмечает четыре основных типа свободных зон: свободные порты, зоны свободной торговли, экспортно-производственные зоны и особые экономические зоны (табл. 4).

Таблица 4. **Типы свободных зон**

Тип зоны	Функции и расположение	Взаимодействие с рынками
Свободные порты	Торговая и логистическая платформа. Портовые города или связанные с ними территории.	Внешний и внутренний
Зоны свободной торговли	Поддержка торговли посредством оказания складских и других связанных с торговлей услуг. Пункты пропуска через государственную границу.	Внешний (в т.ч. реэкспорт) и внутренний
Экспортно-производственные зоны	Развитие экспортно-ориентированного производства и переработки. Вблизи крупных транспортных узлов.	Внешний и внутренний
Особые экономические зоны	Привлечение прямых иностранных инвестиций. Коммерческие порты	Преимущественно внешний

Источник: составлено автором на основании [13]

Д. Ч. Цзэн, ссылаясь на классификацию Всемирного банка и собственные исследования, предлагает следующую типологию ОЭЗ (табл. 5). Автор также отмечает, что это не исчерпывающий список.

Анализ различных типологий СЭЗ указывает, что общая концепция особой экономической зоны развивалась с течением времени, в результате чего появилось большое разнообразие зон с различными целями, особенностями и видами деятельности. Выявление же конкретных типов СЭЗ при том или ином подходе во многом определяется целями анализа. Приведенные выше классификации СЭЗ в определенной степени коррелируют с различными периодами развития СЭЗ. В связи с вышеизло-

женным, в рамках данного исследования, в основе типологии нами было решено использовать эволюционный подход.

Таблица 5. **Обзор общих типов ОЭЗ**

Наименование	Определение
Свободные торговые зоны	Огороженные, беспошлинные зоны, предлагающие складские, и распределительные помещения для торговли, транзита и реэкспортных операций.
Экспортно-производственные зоны	Промышленные зоны, ориентированные в первую очередь на внешние рынки. Они предлагают фирмам условия свободной торговли и либеральную нормативно-правовую среду. Существует два типа ЭПЗ: комплексный – открытый для всех отраслей промышленности; специализированный – открытый только для определенных специализированных секторов/продуктов.
Комплексные особые экономические зоны	Большие по площади зоны, в которых сочетаются различные производственные, сервисные и инфраструктурные объекты.
Индустриальные парки (зоны)	Как правило — это производственные площадки, предлагающие широкий спектр стимулов и льгот. Схожи с комплексными зонами, но в меньших масштабах.
Таможенные (бондовые) зоны	Специальные здания или другие охраняемые зоны, в которых товары могут храниться, подвергаться обработке или производственным операциям без уплаты пошлин, которые обычно взимаются. Основное отличие от СТЗ в том, что на «таможенную зону» распространяются таможенные законы и правила, в то время как на СТЗ нет.
Специализированные зоны	Включают научно-технические парки, нефтехимические зоны, логистические парки, центры и т.п.
Экоиндустриальные зоны и парки	Сосредоточены на улучшении экологии, сокращении отходов и улучшении экологических показателей фирм. Они часто используют концепцию «промышленного симбиоза» и «зеленых» технологий для достижения энерго- и ресурсоэффективности.

Источник: [10]

Ввиду того, что к основным параметрам всех свободных (специальных) экономических зон относятся особые таможенные и налоговые режимы, а также их территориальная обособленность, это не будет отражаться при характеристике отдельных их типов (табл. 6).

Таблица 6. **Общая типология СЭЗ**

Тип зоны	Характеристика
Свободные торговые (транзитные) зоны (логистические хабы)	Содействие развитию международной торговли. Предоставляют коммерческие, складские, логистические, таможенные и другие виды услуг.
Свободные экспортно-производственные зоны (СЭПЗ)	Привлечение иностранных инвесторов, развитие экспортно-ориентированных производств. Предлагают условия свободной торговли и либеральную регулятивную среду для ведения производственной деятельности.
Специализированные СЭЗ	Ориентированы на секторальное (услуги, ресурсы и др.) и отраслевое (автомобилестроение, электроника и др.) развитие.
Многофункциональные СЭЗ	Не имеют конкретной специализации, направлены на общепромышленное развитие. Зоны большого размера, сочетающие в себе различные промышленные, сервисные и др. направления.
Инновационные (научно-промышленные) СЭЗ	Содействие индустриализации и коммерциализации высоких технологий, а также научно-техническому и экономическому развитию стран и регионов.
Трансграничные СЭЗ	Содействие укреплению трансграничного сотрудничества. Трансграничные зоны, объединяющие территории двух или более стран, где устанавливаются специальные режимы управления и ведения хозяйственной деятельности.

Источник: составлено автором

Исторически, первой задокументированной формой СЭЗ стали «порто-франко». Они представляли собой таможенную экономическую зону, где товары выгружались, подвергались переупаковке, расфасовке, переработке без уплаты пошлины. То есть по своей сути это были свободные торговые (транзитные) зоны. Целью их создания было поощрение развитие торговой деятельности.

В современной терминологии аналоги таких образований можно назвать логистическими центрами (хабами) со специальными условиями хозяйствования. Экономическая эффективность в них обеспечивается за счет комплексного логистического обслуживания, при котором центры одновременно предоставляют различный спектр логистических услуг, сокращая расходы на доставку груза.

Промышленная революция, вызвавшая быстрый рост производства, привела к возникновению нового вида зон – свободных экспортно-производственных зон (СЭПЗ). Параллельно происходило развитие и специализированных (инвестиционных, банковских, страховых и др.) свободных зон. Желание территориально приблизить поставщиков услуг, призванных обслуживать экспортно-производственную деятельность, во многом стало причиной создания многофункциональных СЭЗ.

Следуя за мировыми тенденциями и научно-техническим прогрессом, СЭЗ из производственных и сервисных трансформировались в зоны, основанные на достижениях науки. Несмотря на то, что мно-

гие специалисты склонны относить инновационные СЭЗ к группе специализированных зон, на наш взгляд, их стоит выделить отдельно. Тому есть две основные причины: 1) их появление стало новым витком в эволюции СЭЗ и 2) их высокое влияние на развитие экономических систем в различных странах (регионах).

В конце XX в. интенсификация интеграционных процессов, в частности в странах Западной Европы, привела к возникновению трансграничных свободных экономических зон.

Предложенная нами типология свободных экономических зон позволяет не только выделить характерные особенности основных видов СЭЗ, но понять исторические предпосылки их возникновения и развития.

### **Заключение**

Изучение дефиниций «свободная (особая) экономическая зона» позволило выявить, что большинство авторов едины в том, что общими чертами всех СЭЗ являются: предоставление инвесторам особого режима ведения хозяйственной деятельности, отличного от преобладающего на остальной территории страны (региона) и ограниченность (как правило географическая) территории на которой действует этот особый режим.

На основе критического анализа наиболее распространенных в международной теории и практике типологий СЭЗ, нами разработана авторская типология, которая базируется на эволюционном подходе. Все СЭЗ разделены на шесть основных типов: свободные торговые (транзитные) зоны (логистические хабы); свободные экспортно-производственные зоны (СЭПЗ); специализированные СЭЗ; многофункциональные СЭЗ; инновационные (научно-промышленные) СЭЗ; трансграничные СЭЗ. Такая классификация дает более четкое представление о том, какой именно тип СЭЗ подходит для каждого конкретного вида деятельности, с учетом его долгосрочных целей функционирования.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Васильев, Л. Н. Вопросы формирования свободных экономических зон / Л. Н. Васильев // *Экономист*. – 1993. – № 9. – С. 50–54.
2. Данько, Т. П. Свободные экономические зоны в мировом хозяйстве: Учеб. пособие [по специальности «Нац. экономика»] / Т. П. Данько, З. М. Окрут; Рос. экон. акад. им. Г. В. Плеханова. – М.: Изд. дом «ИНФРА-М», 1998. – 168 с.
3. О свободных экономических зонах: Закон Республики Беларусь от 7 декабря 1998 г. № 213-З [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=H19800213>. – Дата доступа: 23.06.2021.
4. Об особых экономических зонах в Российской Федерации: Федер. закон [Принят Гос. Думой 8 июля 2005 года; одобрен Советом Федерации 13 июля 2005 года] // КонсультантПлюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_54599/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_54599/). – Дата доступа: 23.06.2021.
5. Семенов, К. А. Международные экономические отношения: Курс лекций / К. А. Семенов. – М., 1998. – 180 с.
6. Симадзак, Т. Свободные экономические зоны в капиталистических и развивающихся странах / Т. Симанидзе, М. Исихара // *ВИНИТИ*. – 1990. – №4. – С. 4–42.
7. Шмонов, Н. Н. Историческое исследование проблем развития особых экономических зон / Н. Н. Шмонов. – Казань: Изд-во КГУКИ, 2010. – С. 156–161.
8. A guide to special economic zones in Poland / KPMG Sp. z o.o. – Warszawa, 2009. – 68 p.
9. International convention on the simplification and harmonization of customs procedures [Electronic resource] / Mode of access: [http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/facilitation/instruments-and-tools/conventions/kyoto-convention/revised-kyoto-convention/body\\_gen-annex-and-specific-annexes.pdf?la=en](http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/facilitation/instruments-and-tools/conventions/kyoto-convention/revised-kyoto-convention/body_gen-annex-and-specific-annexes.pdf?la=en). – Date of access: 14.06.2021.
10. Special Economic Zones: Lessons from the Global Experience, PEDL Synthesis Paper Series [Electronic resource] / Douglas Zhihua Zeng. – Mode of access: [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/586f9727e5274a130700012d/PEDL\\_Synthesis\\_Paper\\_Piece\\_No\\_1.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/586f9727e5274a130700012d/PEDL_Synthesis_Paper_Piece_No_1.pdf). – Date of access: 14.06.2021.
11. Special Economic Zones Performance, Lessons Learned, and Implications for Zone Development [Electronic resource] / Mode of access: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/343901468330977533/pdf/458690WP0Box331s0April200801PUBLIC1.pdf>. – Date of access: 23.06.2021.
12. Special Economic Zones Progress, Emerging Challenges, and Future Directions [Electronic resource] / The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. – Mode of access: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/752011468203980987/pdf/638440PUB0Ext00Box0361527B0PUBLIC0.pdf>. – Date of access: 01.06.2021.
13. The Geography of Transport Systems [Electronic resource] / Dr. Jean-Paul Rodrigue. – Mode of access: <https://transportgeography.org/contents/chapter7/transborder-crossborder-transportation/free-zones-types>. – Date of access: 29.06.2021.
14. Tracking Special Economic Zones in the Western Balkans: Objectives, Features and Key Challenges [Electronic resource] / Mode of access: [https://www.oecd.org/south-east-europe/SEZ\\_WB\\_2017.pdf](https://www.oecd.org/south-east-europe/SEZ_WB_2017.pdf). – Date of access: 23.06.2021.
15. World Investment Report 2019: Special economic zones. [Electronic resource] UNCTAD. – Mode of access: [https://unctad.org/system/files/official-document/wir2019\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/wir2019_en.pdf). – Date of access: 29.06.2021.

## **ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО**

УДК 633.15:631.81:631.582.1

### **ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА УРОВЕНЬ ПРОДУКТИВНОСТИ КУКУРУЗЫ ПРИ БЕССМЕННОМ ВЫРАЩИВАНИИ**

**Л. Д. ГЛУЩЕНКО, М. П. СОКИРКО, Р. В. ОЛЕПИР, А. И. ЛЕНЬ, В. М. ТОЦКИЙ**

*Полтавская государственная сельскохозяйственная опытная станция им. Н. И. Вавилова  
Института свиноводства и АПП НААНУ Украины,  
г. Полтава, Украина, 36014, e-mail: ds.vavilova@ukr.net*

*(Поступила в редакцию 11.03.2021)*

*На Полтавской государственной сельскохозяйственной опытной станции им. Н. И. Вавилова Института свиноводства и агропромышленного производства в течение 1964–2017 годов на черноземе типичном среднегумусном тяжелосуглинистом в подзоне неустойчивого увлажнения Левобережной Лесостепи Украины проводились исследования по изучению динамики продуктивности кукурузы при бессменном выращивании. Отмечено, что такие длительные во времени исследования очень ценны в научном плане, могут использоваться для решения вопросов, возникающих при организации и внедрении узкоспециализированных севооборотов с высокой концентрацией в них посевов одновидовых или близких по биологическим особенностям сельскохозяйственных культур.*

*За годы исследований установлено, что уровень урожайности кукурузы, выращиваемой на одном месте, находится в больших пределах (на участках без удобрений, контроль) от 1,07 до 8,05 т/га и наиболее зависит от температурного и водного режимов в критическую фазу развития растений кукурузы (20.07–10.08). Также приведены данные об учете сорняков, которые дали возможность установить, что засоренность бессменного посева была выше на 30 % по сравнению с посевом в севообороте. Исходя из излагаемых в статье результатов, установлено влияние на урожай зерна различных систем удобрения, погодных условий, по периодам вегетации культуры и корреляционную связь между этими показателями, которая охватывает большой спектр от прямой к обратной. Полученные результаты исследований возможно использовать как в решении теоретических вопросов земледелия, так и на практике.*

**Ключевые слова:** кукуруза, бессменный посев, погодные условия, продуктивность, корреляционная связь.

*At the Poltava State Agricultural Experimental Station named after N.I. Vavilov of the Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production, during 1964–2017 on typical medium-humus heavy loamy chernozem in the subzone of unstable moisture in the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine, studies were carried out to study the dynamics of corn productivity during permanent cultivation. It is noted that such long-term studies are very valuable in scientific terms, they can be used to solve problems arising in the organization and implementation of highly specialized crop rotations with a high concentration of single-species crops or crops similar in biological characteristics.*

*Over the years of research, it has been established that the level of yield of corn grown in one place is within wide limits (on plots without fertilizers, control) from 1.07 to 8.05 t / ha and most depends on temperature and water regimes in the critical phase of development of corn plants (July 20 – August 10). The data on the counting of weeds are also given, which made it possible to establish that the weediness of permanent sowing was 30 % higher compared to sowing in the crop rotation. Based on the results presented in the article, the effect on grain yield of various fertilization systems, weather conditions, according to the growing season of the crop and the correlation between these indicators, which covers a wide range from direct to reverse, has been established. The obtained research results can be used both in solving theoretical issues of agriculture, and in practice.*

**Key words:** corn, permanent sowing, weather conditions, productivity, correlation.

#### **Введение**

Всем известно, что почва – основное национальное богатство каждой страны. Она пребывает под постоянной и особенной охраной государства. Рациональное использование ее за счет умелого научно обоснованного хозяйствования в аграрном секторе всегда имеет важное значение для развития экономики страны [1, 2].

Формирование устойчивых агросистем в земледелии тесно связано с оптимизацией структуры севооборотов и системой удобрения та обработки почвы [3, 4].

В последние годы существенно сузилась специализация хозяйств, аграрное производство сосредоточилось на выращивании отдельных экономически привлекательных культур при значительной их части в структуре посевов, как правило, в севооборотах с непродолжительными ротациями [5, 6]. При этом одним из значительных элементов в решении проблем короткоротационных севооборотов, мо-

жно использовать результаты, полученные в опытах с бессменными посевами отдельно взятых сельскохозяйственных культур.

Исследования бессменных посевов продолжительное время проводят различные научные учреждения. Впервые же этот вопрос начали изучать у Ротамстеди (Англия), где в период с 1843 по 1856 годы была заложена серия стационарных опытов с бессменными посевами пшеницы озимой, многолетних трав, ячменя ярого. Несколько позже такие же полевые опыты с различными сельскохозяйственными культурами проводились и проводятся до этого времени у Германии с бессменной рожью (Галле – 1878 г.), аналогично с 1876 года у США в Иллинойском университете с кукурузой [7, 8, 9].

Со дня образования (1984 г.) одной из самых старых сельскохозяйственных научно-исследовательских учреждений, не только в Украине, но и в бывшем Советском Союзе – Полтавской сельскохозяйственной опытной станции им. М.И. Вавилова, был заложен на темно-серой оподзоленной почве уникальный опыт по выращиванию ржи озимой как монокультура [10]. Позже, в этом же научном учреждении, с 1964 года на черноземе типичном проводятся исследования с выращивания бессменных посевов пшеницы озимой, кукурузы, свеклы сахарной [11].

Эти и другие такие же опыты с различными сельскохозяйственными культурами и полученные при этом результаты, проведенная их проверка на практике имеют много данных о снижении урожайности и качества продукции даже при внесении высоких доз удобрений, современных и эффективных средствах защиты растений от вредителей и болезней.

Некоторыми исследованиями установлено, что при бессменных посевах происходит одностороннее влияние культуры на питательный, водный режимы почвы и другие факторы окружения растений, которые создают благоприятные условия для размножения определенных видов сорняков, вредителей, возбудителей болезней и оказывают содействие накоплению в почве токсических веществ. И, как следствие, все это отрицательно влияет на продуктивность этих сельскохозяйственных культур [12, 13, 14, 15].

В постоянных (на одном месте) посевах Мироновского научно-исследовательского института пшеницы им. В. Н. Ремесла, которые проводят с 1930 года, урожайность пшеницы озимой и свеклы сахарной была значительно ниже, чем в севообороте. Так, в севообороте продуктивность пшеницы озимой была на 1,20–1,42 т/га, сахарной свеклы на 11,6–17,6 т/га выше, чем при бессменных посевах. Даже при внесении удобрений урожайность этих культур при монокультуре была ниже в сравнении с чередованием их в севообороте, и выращивания без применения удобрений. Лишь только одна кукуруза на протяжении семи лет при бессменном посеве заметно не уменьшала урожайность. Но вместе с тем следует отметить, что уже в последующие годы ее продуктивность была значительно меньше, чем в севообороте [16].

В Белорусском научно-исследовательском институте земледелия урожайность картофеля в севообороте находилась на уровне 5,8 т/га, или на 28 % выше, чем при бессменном посеве.

Цель исследований – определить влияние продолжительного действия комплекса факторов (антропогенных, естественных) на динамику продуктивности кукурузы на зерно за значительный период времени, засоренность ее посевов различными природными растениями. С практической точки зрения проведение таких опытов дает возможность определить уровень пригодности данной сельскохозяйственной культуры к выращиванию ее у короткороционных севооборотах, долговременных или бессменных посевах.

### **Основная часть**

Исследования проводились на опытном поле Полтавской государственной сельскохозяйственной опытной станции им. Н. И. Вавилова Института свиноводства и агропромышленного производства НААН Украины с 1964 по 2018 годы. Географические координаты: 49°40' с.ш., 34°57' в.д.

Почва – чернозем типичный среднегумусный тяжелосуглинистый на лессовой породе. Она, на данном поле (слой 0–20 см), характеризуется следующими агрохимическими и агрофизическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 4,9–5,2 %, легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой) – 119,1–127,1 мг/кг, подвижного фосфора в уксуснокислой вытяжке (по Чирикову) – 100,0–131,0 мг/кг, обменного калия (по Масловой) – 171,0–200,0 мг/кг. Плотность почвы – 1,05–1,17 г/см<sup>3</sup>. Наименьшая полевая влагоемкость – 29,2–31,5 %. Полная влагоемкость – 39 %. Диапазон активной влаги – около 25 мм. Влажность разрыва капиллярных связей – 20–22 %.

Количество полей в натуре – 1. Общая площадь под опытом – 8640 м<sup>2</sup>, учетная – 29,4 м<sup>2</sup>. Количество повторений – 2.

Схема опыта: без удобрений (контроль); навоз 30 т/га ежегодно + N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>; навоз 30 т/га 1 раз в три года + N<sub>51</sub>P<sub>51</sub>K<sub>55</sub>.

В опыте высевались такие гибриды: Буковинский 3 (1964–1974 гг.), Жеребковский 86 МВ (1975–

1987 гг.), Днепро́вский 273 МВ (1988–2001 гг.), Кадр 267 МВ (2001–2005 гг.), Подо́льский 274 МВ (2005–2012 гг.), Оржи́ця 273 МВ. Бессменный посев кукурузы расположен в пространстве на расстоянии 300 метров от аналогичных участков в севообороте.

За все годы исследований продуктивность кукурузы, выращиваемой на одном месте, имела динамичный показатель. Самым малым он был в 1992 году, а самым большим – в 2006 году и соответственно системам удобрений: без удобрений, навоз 30 т/га ежегодно +  $N_{60}P_{40}K_{60}$ , навоз 30 т/га 1 раз в три года +  $N_{51}P_{51}K_{55}$  в тоннах составлял – 1,07; 1,24; 1,21 и 8,05; 8,02; 8,11 (табл. 1.).

Таблица 1. Урожайность зерна кукурузы при бессменном выращивании, т/га

Года	Системы удобрения		
	без удобрений (контроль)	навоз 30 т/га ежегодно + $N_{60}P_{40}K_{60}$	навоз 30 т/га 1 раз в 3 года + $N_{51}P_{51}K_{55}$
1975	1,47	1,58	1,54
1976	4,38	4,62	5,16
1977	3,35	3,86	3,87
1978	4,06	4,49	4,91
1979	3,43	3,75	4,45
1980	3,93	3,90	4,44
1981	3,60	3,77	3,98
1982	4,06	4,22	4,29
1983	4,33	6,23	5,34
1984	3,81	5,18	4,83
1985	4,39	4,91	4,65
1986	3,34	4,31	4,50
1987	2,36	4,69	4,87
1988	2,87	5,38	5,89
1989	3,16	4,51	4,60
1990	3,18	4,40	4,94
1991	3,54	4,52	4,44
1992	1,07	1,24	1,21
1993	4,48	5,92	6,63
1994	4,25	5,31	4,60
1995	3,84	5,63	5,91
1996	3,35	3,92	4,21
1997	3,87	5,94	6,58
1998	3,86	4,21	4,16
1999	3,81	4,01	3,98
2000	4,87	5,92	6,08
2001	2,99	3,77	4,24
2002	3,05	3,75	3,97
2003	7,93	7,98	8,05
2004	7,71	7,84	7,85
2005	7,81	8,10	8,36
2006	8,05	8,02	8,11
2007	7,79	7,95	8,21
2008	6,28	7,67	8,65
2009	3,83	8,71	8,40
2010	3,41	4,32	4,28
2011	1,63	2,63	3,87
2012	1,60	2,58	3,80
2013	4,08	4,74	4,79
2014	4,90	5,62	5,66
2015	3,46	4,21	4,32
2016	3,60	4,23	4,77
2017	2,41	3,36	3,54
2018	5,24	6,86	6,90

Температурный и водный режимы соответственно этим годам и фазам развития растений соизмеримы таким показателям: за сельскохозяйственный год, критическую фазу развития растений кукурузы

зы (20.07–10.08), вегетационный период (1.05 по 1.09) – 9,2; 23,4; 19,6 °С, 289,0; 20,7; 144,7 мм и 7,7; 21,8; 19,6 °С, 502,9; 15,4; 194,5 мм. Погодные условия за этот период как по водному, так и по температурному режимам существенно отличались между собой. Эта динамика прослеживается на протяжении 43 лет (табл. 2).

Таблица 2. Максимальный и минимальный показатели температуры воздуха, количество осадков и уровень продуктивности кукурузы выращиваемой в бессменном посеве

Годы	Средняя температура воздуха, С°			Количество осадков, мм			Урожайность, т/га		
	за вегетацию (1.05–1.09)	критический период вегетации (20.07–10.08)	за с.-х год	за вегетацию (1.05–1.09)	критический период вегетации (20.07–10.08)	за с.-х. год	без удобрений (контроль)	навоз 30 т/га ежегодно + N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	навоз 30 т/га 1 раз в три года + N <sub>51</sub> P <sub>51</sub> K <sub>55</sub>
1976	16,4	18,9	5,5	266,7	60,3	491,8	4,38	4,62	5,16
1977	17,9	17,9	7,3	399,0	4,9	792,7	3,35	3,86	3,87
1978	17,1	18,3	6,7	442,8	32,6	766,3	4,06	4,49	4,91
1985	17,8	17,8	5,6	126,1	45,7	455,6	4,39	4,91	4,65
1992	19,6	23,4	9,2	144,7	20,7	289,0	1,07	1,24	1,21
2001	19,0	26,0	9,0	198,1	43,8	628,6	2,99	3,77	4,24
2003	19,5	21,0	8,5	299,6	184,1	598,0	7,93	7,98	8,05
2012	22,4	25,2	9,6	183,9	55,1	339,0	1,60	2,58	3,80

Минимальная температура воздуха, за сельскохозяйственный год, прослеживалась в 1976 году и равнялась 5,5 °С, а самая высокая – в 2016 году – 10,5 °С. На протяжении периода (наиболее критическая фаза развития растений) с 20.07–10.08 в 1985 г. – 17,8 °С и в 2001 г. – 26,0 °С, а с 1.05 по 1.09 в 1976 – 16,4 °С и в 2012 г. – 22,4 °С. Количество осадков соответственно этому времени в 1992 г. – 289,0 мм и в 1977 – 792,7 мм; в 1977 – 4,9 мм и в 2003 г. – 184,1 мм; в 2017 г. – 83,0 мм и в 1978 г. – 442,8 мм.

Математический анализ полученных данных исследований продуктивности кукурузы и влияние на этот показатель различных систем удобрения и погодных условий, по периодам вегетации ее растений показал, что корреляционная связь между ними охватывала большой спектр от прямой к обратной. Так, коэффициент корреляции между показателями урожайности зерна кукурузы и температурным режимом, в частности за вегетацию (с 1.05–1.09 и 20.07–10.08) и в целом за сельскохозяйственный год при различных системах удобрения (без удобрений, навоз 30 т/га ежегодно + N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>, навоз 30 т/га 1 раз в три года + N<sub>51</sub>P<sub>51</sub>K<sub>55</sub>) находился, соответственно в таких величинах:  $r = -0,36; -0,46; -0,35$  и  $-0,29; -0,40; -0,31$  и  $-0,19; -0,29; -0,23$ . Это указывают на тенденцию к обратной взаимосвязи, но сравнивая эти величины между собой, вместе с тем стоит отметить, что они незначительны.

Иная корреляционная зависимость просматривалась между уровнем продуктивности, системами удобрений и осадками. Если в целом за вегетацию, соответственно к системам удобрения, этот показатель находился в таких величинах:  $r = 0,40; 0,37; 0,40$ , то за критический период вегетации и за сельскохозяйственный год в целом  $r = 0,59; 0,61; 0,65$  и  $0,44; 0,46; 0,45$ . Из приведенных данных выходит, что если за вегетацию этой культуры и за сельскохозяйственный год в целом эти показатели независимо от изучаемых систем удобрений находились практически на одном уровне, то за критический период ее развития они были выше относительно их на 48, 65, 63 и 34, 33, 44 процента, то есть взаимосвязь между ними была более высокой.

При бессменном посеве кукурузы и при посеве в севообороте проводился учет сорняков. Результаты этих наблюдений дали возможность установить, что на 1 м<sup>2</sup> бессменного посева их насчитывалось 84,9 шт., а в севообороте 59,1 шт., или на 30 % меньше. В структуре биологических групп сорняков поздние яровые растения становятся 59–64 %, ранние яровые 21–27 % и многолетние – 13,9 %.

### Заключение

Погодные условия как по водному, так и температурному режимам существенно отличались за годы исследований. Эти расхождения наблюдались на протяжении более 40 лет и не только в целом за сельскохозяйственный год, но и за вегетационный (1.05–1.09), и критическую фазу развития растений кукурузы (20.07–10.08). При этом природные факторы имели существенное влияние на рост, развитие растений кукурузы и уровень ее продуктивности.

Следует отметить, что в отдельные годы за вегетационный период осадков выпадало больше, нежели в другие годы за весь сельскохозяйственный год.

Величина продуктивности кукурузы на зерно за годы наблюдений была динамичной и зависела как от температурного и водного режимов, так и продолжительности ее выращивания, системы удобрений, генетического потенциала гибрида.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. К. 2010. 106 с.
2. Моніторинг комплексної оцінки родючості ґрунтів Полтавської області 1971–2005 рр., за ред. Т. О. Гринченка. Х: Вид. «КП Друкарня №13», 2008. 186 с.
3. Меліоровані агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України (зони зрошення і осушення) / За ред.: М.І. Ромащенко, Ю.О. Тараріко. Ніжин. 2017. 696 с.
4. Медведев, В. В. Фермеру про ґрунто- і ресурсозберувальні інновації з обробітку. Х.: Смуґаста типографія. – 2015. – 199 с.
5. Іваніна, В. В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах: монографія. К.: ЦП «Компринт», 2016. 328 с.
6. Браженко І. П., Гангур В. В., Крамаренко І. В., Лень О. І., Удовенко К. П. Польові сівозміни з короткою ротацією в східному Лісостепу. *Вісник Полтавської державної академії*. Полтава, 2008. – №3. – С. 25–30.
7. Annon «Alternate wheat and fallow, Hoosfield, in Field Experiments Section», Rothamsted Experimental Station Report for 1956. P. 184–187.
8. Jenkinson, D. S. (1991) The Rothamsted long-term experiments: are they still of us? *Agronomy Journal*. 83. P. 2–10.
9. M. Simic, V. Dragicevic, I. Spasojevic, D. Kovacevic, M. Brankov, Z. Jovanovic (2013). Effects of fertilizing systems on maize production in long-term monoculture. *IV International Symposium "Agrosym 2013"*. P. 153–160.
10. Kohan, A., Hlushchenko, L., Hanhur, V., Samoilenko, O., Len, O., Olepir, R., Kalinichenko, S., & Kavalir, L. (2017). Unique experiment of global agriculture in the Poltava region – long-term winter rye cultivation. *Agricultural Science and Practice*, 4(1), 63–69. <https://doi.org/10.15407/agrisp4.01.063>.
11. Довгострокові польові дослідження України / Заред. П. І. Коваленка, В. І. Кисіля, М. В. Лісового. Х., 2006. 120 с.
12. Chmielewski F. M. (1992) Impact of climate changes on crop yields winter rye in Halle (southeastern Germany), 1901 to 1980. *Climate Research*. Vol.2. P.23–33.
13. Глущенко, Л. Д., Олєпір Р. В., Самойленко О. А. Склад фітофагів за вирощування беззмінного жита. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату: матеріали всеукраїнської наук.-практ. конф., Кам'янець-Подільський, 15–16 червня 2017 р.* Тернопіль: Крок, 2017. С. 73–75.
14. Шпаар, Д., Шлапунов В., Щербаков В., Ястер К. Кукурудза / Под. общ. ред. В. А. Щербакова. Минск: Белорусская наука, 1998. 200 с.
15. Стационарні довгострокові польові дослідження Полтавської дослідної станції ім. М. І. Вавилова: Частина 1 / За ред. Кохана А. В., Глущенко Л. Д., Олєпіра Р. В. Полтава, 2018. 231 с.
16. Русінов, В. І., Яблунівська М. П., Шевченко А. І. Урожайність провідних сільськогосподарських культур у сівозміні та беззмінного їх вирощування. *Наук.-тех. бюллетень Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла УААН*. К., Аграрна наука, 2006. Вип. 5. – С. 220–226.

## ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ УКРАИНЫ

С. П. КОЦЮБА

Уманский национальный университет садоводства,  
г. Умань, Украина, 20300, e-mail: bbkots@icloud.com

(Поступила в редакцию 26.11.2021)

*В статье представлены результаты четырехлетних (2016–2019 гг.) исследований по изучению инбредных линий кукурузы, оценке возделывания кукурузы в условиях монокультуры в зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения Центральной Лесостепи Украины. Наиболее стабильной по годам в опыте была отмечена инбредная линия №331, которая по всем признакам, кроме урожайности, имела коэффициент варьирования не более 10 %, что свидетельствует о ее стабильности. Хотя признак урожайности относится к главным признакам хозяйственно ценного комплекса инбредных линий № 331 может быть использована при создании гетерозисных гибридов интенсивного типа несмотря на  $V=23,33$  %. Ведь такое значительное варьирование может быть объяснено чрезвычайными условиями одного года. Относительно урожайности, статистические характеристики указывают на то, что дисперсия ( $S^2=0,68$ ) низкая, а значит инбредные линии, входящие в коллекцию, мало реагируют на колебания условий выращивания изменением урожайности. В то же время коэффициент вариации составляет 22,28 % указывая, что между отдельными инбредными линиями есть разница, и ее следует оценить более подробно. В то же время низкое варьирование продолжительности периода от всходов до полной спелости и количества листьев на основном стебле ( $V=7,73$  %), указывает на выравненность коллекции линий по этим показателям. Небольшая вариабельность показателей влажности зерна исследуемого материала при уборке ( $S^2=8,76$ ;  $V=12,6$  %) свидетельствует также о перспективах данного критерия, как дополнительного, в оценке уровня скороспелости исследуемых инбредных линий.*

**Ключевые слова:** урожайность, инбредная линия, вариабельность, популяция, коэффициент вариации, гетерозисный гибрид.

*The article presents results of four-year (2016–2019) research into inbred lines of maize, assessment of maize cultivation in monocrop conditions in the zone of unstable and insufficient moisture in the Central Forest-Steppe of Ukraine. The most stable line over the years of the experiment was inbred line No. 331, which, according to all characteristics, except for yield, had a coefficient of variation of no more than 10%, which indicates its stability. Although the grain yield trait belongs to the main traits of an economically valuable complex of inbred lines, No. 331 can be used to create heterotic hybrids of an intensive type, despite that its  $V = 23.33$  %. After all, such a significant variation can be explained by the extreme conditions of one year. In terms of yield, statistical characteristics indicate that the variance ( $S^2 = 0.68$ ) is low, which means that the inbred lines included in the collection do not react much to fluctuations in growing conditions with changes in yield. At the same time, the coefficient of variation is 22.28 % indicating that there is a difference between the individual inbred lines, and it should be assessed in more detail. At the same time, low variation in the duration of the period from germination to full ripeness and the number of leaves on the main stem ( $V = 7.73$  %) indicates the evenness of the collection of lines in these parameters. The small variability of indicators of moisture content of grain of the studied material during harvesting ( $S^2 = 8.76$ ;  $V = 12.6$  %) also indicates the prospects of this criterion, as an additional one, in assessing the level of early maturation of the studied inbred lines.*

**Key words:** yield, inbred line, variability, population, coefficient of variation, heterotic hybrid.

### Введение

Кукуруза – это одна из немногих культур, селекции которой предоставляют в Украине такое внимание. Это связано с тем, что здесь благоприятные условия для выращивания различных сортов и гибридов этой культуры по вегетационному периоду. В Украине полученные одни из первых межсортовые и межлинейных гибриды [1].

С 2006 года производству Украины рекомендовано 353 сорта и гибрида кукурузы. Из них 45 % украинской селекции, а остальные – зарубежной. Значительное внимание в селекции кукурузы уделяется созданию нового исходного материала с широким генетическим разнообразием. Внедрение в селекционную практику метода генотиповой классификации самоопыляющиеся линий открыло возможность целенаправленного подбора родительских пар для создания высокогетерозисных гибридов и синтетических популяций [1].

Задачи и направления селекции растений обусловлены разнообразием почвенно-климатических условий Украины, а также растущими требованиями сельскохозяйственного производства к сортам. Поэтому селекционер должен не только хорошо понимать требования к сорту и гибриду в данный момент, но и уметь предвидеть изменения на десятки лет вперед, поскольку созданный им генотип предназначен для будущего производства.

Кроме того, многие из них вместе с хорошей скороспелостью не соответствуют таким важным хозяйственно биологическим признакам, как производительность, КС, устойчивость к полеганию,

болезням и вредителям, высота прикрепления нижнего початка и другим показателям, то есть скороспелый генотип кукурузы очень бедный и его необходимо пополнять [2]. В мировой и отечественной коллекции очень мало линий, пригодных для вывода скороспелых гибридов с широкой пластичностью. Как правило, линии, удовлетворяющие требования одной зоны оказываются непригодными или малопригодными для другой, нужен зональный подход в изучении линий и формировании рабочей коллекции.

На современном этапе развития селекционной науки инбредные линии является основным источником для создания новых генотипических комбинаций для различных селекционных программ [3, 4, 5, 6]. В наших исследованиях решение о включении исходного материала в программы создания гибридов принимали с учетом вариабельности инбредных линий по отдельным признакам и проявления их производительного потенциала.

Мера изменчивости конкретного признака имеет важное значение для оценки коллекции инбредных линий что изучались. Среди многих показателей, по которым оценивают фенотипическую вариабельность как популяции, которая представляет собой коллекцию, так и ее отдельные компоненты, в нашем случае это инбредные линии коллекции Уманского НУС (Украина), наиболее важными считаются среднее квадратическое отклонение ( $S$ ), по которому рассчитывают дисперсию ( $S^2$ ). Именно среднее квадратическое отклонение позволяет установить различные показатели изменчивости как вышеупомянутая дисперсия, так и коэффициент вариации ( $V$ ). При этом коэффициент вариации дает более универсальную информацию о изменчивости ее относительными величинами, то есть сравнить вариабельность признаков, которые нельзя сравнить по показателям средних арифметических.

### Основная часть

Дисперсия и коэффициент вариации по урожайности инбредных линий в первую очередь указывают на контрастность и различную потенциальную возможность изученного материала, что дает основания изучать их комбинационную способность в диалельных скрещивания и других схемах без оговорок для последующего отбора по комбинационной способности.

Данные приведены в табл. 1 указывают на изменчивость средних арифметических показателей изученной коллекции.

Таблица 1. Вариабельность хозяйственно-ценных признаков у инбредных линий кукурузы за 2016–2019 годы

Признаки	Статистические характеристики				
	средняя арифметическая	дисперсия	коэффициент варьирования, %	погрешность средней арифметической	относительная погрешность средней арифметической
Урожайность, т/га	3,58	0,68	22,28	0,09	2,51
Продолжительность вегетации, дней	115,43	32,79	4,96	0,72	0,62
Высота растений, см	146,77	323,87	12,26	1,18	2,20
Высота прикрепления початка, см	53,53	90,41	17,76	5,43	3,69
Количество листьев на основном стебле, шт.	14,60	1,27	7,73	0,12	0,82
Влажность зерна при уборке, %	24,53	8,76	12,06	0,14	0,57
Повреждение кукурузным мотыльком, %	3,10	8,83	95,70	0,36	11,59
Ламкость стебля, %	1,72	8,59	169,75	0,36	20,84
Полегание стебля, %	2,64	17,85	160,01	0,52	19,68

Относительно урожайности, статистические характеристики указывают на то, что дисперсия ( $S^2=0,68$ ) низкая, а значит инбредные линии, входящие в коллекцию, мало реагируют на колебания условий выращивания изменением урожайности. В то же время коэффициент вариации, составляет 22,28 % указывая, что между отдельными инбредными линиями есть разница и ее следует оценить более подробно. В то же время небольшое ( $V=4,96$  %) варьирование продолжительности периода от всходов до полной спелости и количества листьев на основном стебле ( $V=7,73$  %), что указывает на выравнивание коллекции по этим показателям. Относительно дисперсии, то в первом случае измен-

чивость продолжительности вегетации была выше ( $S^2=32,79$ ), чем во втором ( $S^2=1,27$ ). Очевидно, такая низкая изменчивость количества листьев на основном стебле подтолкнула многих авторов использовать этот показатель для сравнительной оценки скороспелости кукурузы. Этот критерий можно считать более надежным в случаях генетического полиморфизма исходного материала, по происхождению.

Относительно родственных линий вполне возможно руководствоваться также и критериям ФАО [7, 8]. Небольшая вариабельность показателей влажности зерна при уборке ( $S^2=8,76$ ;  $V=12,6\%$ ) свидетельствует о перспективах данного критерия, как дополнительного, в оценке уровня скороспелости исследуемого селекционного материала. Высокие значения коэффициентов вариации и высокая экспрессивность признаков «высота прикрепления початка» и «высота растения» подтверждает значительную фенотипическую и генотипическую разнообразность исходного материала по этим признакам. Наблюдалась значительная вариация по признакам «повреждения кукурузным мотыльком», «полеганию стебля» и «ломкость стебля» в зависимости от генотипа и погодных условий года.

Характеризуя инбредные линии индивидуально, мы видим (табл. 2), стабильность проявления признака урожайность зерна наименее изменчивой ( $V=7,90\%$ ) в инбредной линии №115.

Таблица 2. Вариабельность признаков изученных инбредных линий кукурузы, 2016–2019 гг.

Инбредная линия	Коэффициент вариации признаков V, %					
	урожайность	период вегетации „всходы–полная спелость”	количество листьев на основном стебле	влажность зерна при уборке	высота растений	высота закладки початка
№7	30,47	3,65	4,01	15,26	16,45	28,76
№125	10,18	1,49	3,78	7,11	9,43	10,03
№44	23,07	2,09	2,64	7,38	15,10	28,94
№273	20,18	2,56	0,78	2,51	19,36	28,20
№73	15,66	1,88	1,84	7,00	21,26	28,16
№115	7,90	3,71	2,38	4,28	15,56	23,11
№337	11,99	2,00	1,44	6,79	14,55	22,14
№331	23,33	2,09	0,93	6,54	6,27	5,74
№053	16,04	2,23	2,77	3,60	10,22	26,44
№489	29,62	3,04	3,62	8,63	13,78	25,82
№260	15,48	1,99	1,88	10,19	11,46	22,03
№346	19,78	1,61	3,20	7,23	12,01	27,18
№333	12,72	1,60	2,13	5,46	9,30	16,13
№324	13,28	4,86	2,70	6,90	7,88	12,89
№32	16,92	1,54	0,97	4,74	3,96	11,10

Близок к пределу незначительного варьирования был показатель в инбредной линии №125 –  $V=10,18\%$ . По методике В. А. Ещенко с соавторами [9] варьирования условно считают незначительным, если коэффициент варьирования составляет до 10 %, средним – 10–20, значительным – более 20 %. Учитывая указанные критерии, этот показатель инбредной линии №125 можно считать почти незначительным.

Остальные линии под влиянием условий окружающей среды имели более изменчивый показатель варьирования.

Наибольшие коэффициенты вариации по урожайности наблюдали в инбредных линиях №273, №331, №489 и №7. Значительные показатели вариабельности свидетельствуют о недостаточной стабильности указанных инбредных линий, а значит недостаточный гомеостаз. Такие линии могут использоваться при создании гетерозисных гибридов интенсивного типа для выращивания в условиях близких к оптимальным. Все изученные инбредные линии по показателям период вегетации и количество листьев на основном стебле имели незначительную изменчивость до пяти процентов.

Наименьшее значение по признаку продолжительность вегетационного периода имели инбредные линии: №125, №32, №333, №346, №73 и №260, а для признака количества листьев на основном стебле – линии №273, №331, №32, №337, №73 и №260 подтверждая то, что эти признаки достаточно устойчивы и мало зависящие от условий окружающей среды. Большинство инбредных линий характеризуются стабильностью по признаку влажность зерна. Использование таких инбредных линий дает возможность успешно проводить семеноводство инбредных линий, зерно которых способно быстро терять влагу при созревании в различных погодных условиях года. Инбредные линии №7 и №260, которые соответственно имели коэффициенты вариации  $V=15,26$  и  $V=10,19$  % принадлежат к группе со средним варьированием потому, что коэффициент варьирования этого признака в обоих инбредных линий превышал десятипроцентный рубеж. По высоте растений и высотой прикрепления нижнего хозяйственно пригодного кочана можно оценивать пригодность растений кукурузы к механизированному выращиванию и сбору урожая. Поэтому важно знать реакцию исследуемого генотипа на условия переменных метеорологических факторов, в частности на недостаток почвенной и воздушной влаги. По высоте растения в составе отобранных инбредных линий из коллекции кафедры генетики, селекции растений и биотехнологии Уманского национального университета садоводства (Украина) лишь одна линия – №73, характеризовалась значительным варьированием. Большинство изученных инбредных линий были отнесены к группе со средним варьированием с коэффициентами  $10,22-19,36$  %, а инбредные линии №32, №331, №324, №333 и №125 составляют группу с незначительным варьированием по высоте. Значительные колебания по признаку высота растений в нашем опыте было обнаружено в инбредной линии №73 ( $V=21,26$  %), что можно объяснить зависимости от условий окружающей среды. Полученные нами данные также указывают на то, что высота прикрепления початка инбредных линий исследуемой коллекции есть более изменчивым показателем, чем высота растения. Показатель коэффициента вариации высоты прикрепления нижнего хозяйственно пригодного початка в  $66,6$  % инбредных линий (№7, №44, №273, №73, №115, №337, №053, №489, №260, №346) от общего количества превышал  $20$  %, что является довольно значительным варьированием признака. Характеризуя отдельные линии, можно видеть, что незначительное варьирование по признаку высота закладки кочана установлена в инбредной линии №331 –  $V=5,74$  %. Это свидетельствует о большой стабильности указанной линии по данному показателю. Средним варьированием характеризовались линии №125, №32, №324 и №333 –  $V=10,03-16,13$  %.

Итак, высота прикрепления нижнего хозяйственно ценного кочана зависит от биологических особенностей генотипа, однако в большей степени является зависимой от условий выращивания. Наиболее стабильной по годам в опыте можно отметить инбредных линий №331, которая по всем признакам, кроме урожайности, имела коэффициент варьирования не более  $10$  %, что свидетельствует о ее стабильности. Хотя признак урожай зерна относится к главным признакам хозяйственно ценного комплекса инбредных линий № 331 может быть использована при создании гетерозисных гибридов интенсивного типа несмотря на  $V=23,33$  %. Ведь такое значительное варьирование может быть объяснено чрезвычайными условиями одного года.

### **Заключение**

В наших исследованиях проведенных за четыре года заслуживают внимания такие инбредные линии как №125, №115, №337, №333 и №324, которые сочетают высокую и среднюю стабильность по основным признакам хозяйственно-ценного комплекса.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Кукуруза на орошаемых землях юга Украины / Ю. О. Лавриненко [и др.]. – Херсон: Айлант, 2011. – 468 с.
2. Цыков, В. С. Вопросы повышения конкурентоспособности производства зерна и семян кукурузы в рыночных условиях / В. С. Цыков, В. С. Рибка, В. І. Альохин // Бюллетень Института зернового хозяйства Бюллетень Института зернового хозяйства. – Днепропетровск, 1999. – № 8. – С. 55–59.
3. Опалко, А. И. Селекция плодовых и овощных культур: учебник / А. И. Опалко, Ф. А. Запличко. — К.: Высшая школа., 2000. – 440 с.
4. Паламарчук, В. Д. Оценка самоопыленных линий кукурузы для создания гибридов пригодных к механизированному возделыванию и уборке: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. 06.01.05 / В. Д. Паламарчук Ін-т сахарної свекли УААН. – К., 2007. – 20 с.
5. Генетика с основами селекции / С. І. Стрельчук [и др.]. – К.: Фитоцентр, 2000. – 292 с.
6. Тоцький, В. М. Генетика: 2-е вид. / В. М. Тоцький. – Одеса: Астропринт, 2002. – 712 с.
7. Гурьев, Б. П. Селекция кукурузы на раннеспелость / Б. П. Гурьев, И. А. Гурьева. – М., 1990. – 163 с.
8. Кулешов, Н. Н. Число листьев как показатель длины вегетационного периода у кукурузы / Н. Н. Кулешов // Труды по прикл. бот., ген. и селекции ВИР. – 1931. – Т. 27. – Вып. 2. – С. 476–487.
9. Основы научных исследований: учебник / В. А. Ещенко [и др.]. – К.: Действие, 2005. 288 с.

## НАСЛЕДУЕМОСТЬ ПРИЗНАКОВ ГАБИТУСА У МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Т. Г. ТОВСТАНОВСКАЯ, В. А. ЛЯХ

Институт масличных культур НААН,  
пос. Солнечный, Украина, 69093, e-mail: tovstanovskat@gmail.com

(Поступила в редакцию 07.04.2021)

Представлены результаты исследований по изучению наследуемости признаков габитуса растений у межвидовых гибридов льна масличного второго поколения, полученных от скрещивания трех образцов культурного льна (Л 5, Л 6, М 32/2) и двух диких видов (*L. angustifolium*, *L. hispanicum*). Установлено, что высота растения, количество стеблей и боковых побегов на растении являются в средней степени наследуемыми признаками ( $H = 0,61, 0,59, 0,54$  соответственно). Выделены межвидовые гибридные комбинации с высокими коэффициентами наследуемости: по высоте растений – *L. angustifolium* / Л 6 (0,81), Л 6 / *L. angustifolium* (0,87), *L. angustifolium* / Л 5 (0,67-0,80), Л 5 / *L. angustifolium* (0,68-0,72); по количеству стеблей на растении – *L. hispanicum* / Л 6 (0,69-0,78), Л 6 / *L. hispanicum* (0,66-0,81), *L. hispanicum* / М 32/2 (0,78), М 32/2 / *L. hispanicum* (0,81), *L. hispanicum* / Л 5 (0,78), Л 5 / *L. hispanicum* (0,72); по количеству боковых побегов на растении – *L. angustifolium* / М 32/2 (0,66), М 32/2 / *L. angustifolium* (0,72), *L. hispanicum* / М 32/2 (0,68), М 32/2 / *L. hispanicum* (0,70-0,71), по которым можно прогнозировать высокую эффективность отбора в ранних поколениях.

Величина коэффициентов наследуемости зависела от многих факторов: условий окружающей среды, генетических особенностей экспериментального материала, исследуемого признака. По всем изучаемым признакам габитуса в менее благоприятных по температурному режиму и количеству осадков условиях 2019 г. наблюдалась тенденция снижения средних показателей коэффициентов наследуемости по сравнению с более благоприятным по гидротермическим условиям 2020 г.

**Ключевые слова:** лен масличный, межвидовой гибрид, поколение F<sub>2</sub>, габитус, коэффициент наследуемости.

The results of studies on the heritability of plant habitus traits in interspecific hybrids of oil flax of the second generation obtained from the crossing of three samples of cultivated flax (L 5, L 6, M 32/2) and two wild species (*L. angustifolium*, *L. hispanicum*) are presented. It was found that the height of the plant, the number of stems and side shoots on the plant are moderately inherited traits ( $H = 0.61, 0.59, 0.54$ , respectively). Interspecific hybrid combinations have been identified with high heritability rates: by plant height – *L. angustifolium* / L 6 (0.81), L 6 / *L. angustifolium* (0.87), *L. angustifolium* / L 5 (0.67-0.80), L 5 / *L. angustifolium* (0.68-0.72); by the number of stems per plant – *L. hispanicum* / L 6 (0.69-0.78), L 6 / *L. hispanicum* (0.66-0.81), *L. hispanicum* / M 32/2 (0.78), M 32/2 / *L. hispanicum* (0.81), *L. hispanicum* / L 5 (0.78), L 5 / *L. hispanicum* (0.72); by the number of side shoots on the plant – *L. angustifolium* / M 32/2 (0.66), M 32/2 / *L. angustifolium* (0.72), *L. hispanicum* / M 32/2 (0.68), M 32/2 / *L. hispanicum* (0.70-0.71), which can predict high efficiency of selection in early generations.

The value of heritability coefficients depended on many factors: environmental conditions, genetic characteristics of the experimental material, the trait under study. According to all the studied habitus traits, under conditions of 2019, which were less favorable in terms of temperature and amount of precipitation, there was a tendency towards a decrease in the average indices of heritability coefficients in comparison with those more favorable in terms of hydrothermal conditions in 2020.

**Key words:** oil flax, interspecific hybrid, generation F<sub>2</sub>, habitus, coefficient of heritability.

### Введение

Современный рынок льна масличного в Украине предъявляет повышенные требования к уровню урожайности и качественным показателям культуры, требует пластичных, устойчивых к болезням и вредителям сортов с комплексом хозяйственно-ценных признаков. С целью расширения генетического разнообразия и повышения потенциальных возможностей культуры в нашей селекционной работе мы используем межвидовую гибридизацию. Дикие однолетние гомостильные виды льна, такие как *L. angustifolium*, *L. hispanicum*, *L. bienne*, *L. crepitans*, имеют одинаковое с культурным льном количество хромосом ( $n = 15$ ), поэтому легко скрещиваются с ним и являются ценными генетическими источниками для получения форм с ранним созреванием, большим количеством стеблей, боковых побегов, коробочек на растении, устойчивых против болезней [1, 2].

Большинство используемых в сельском хозяйстве Украины сортов льна масличного характеризуются небольшим ветвлением стебля. Однако количество стеблей и побегов существенно влияет на семенную продуктивность льна, поэтому эти признаки нуждаются в генетическом улучшении и требуют дальнейшей селекционной доработки. Улучшение габитуса увеличит вегетативную массу растений льна, что будет способствовать повышению его конкурентоспособности против сорняков и уменьшению испарения влаги с поверхности почвы [3].

Для научного обоснования селекционных программ работы с культурой, ускорения получения признаков с улучшенными показателями необходимо знание характера генетического взаимодействия в гибридных популяциях. Применение такого генетико-статистического параметра, как насле-

дуюемость является важным для целенаправленного подбора родительских пар в скрещиваниях, эффективного отбора ценных генотипов, отбраковки малоценного материала на первых этапах селекции, позволяет ориентировать селекционный процесс на максимальное использование генотипического потенциала культуры в практической селекции [4, 5].

Для эффективного отбора растений важна генотипическая изменчивость, которая определяется с помощью коэффициента наследуемости. Этот параметр отражает долю генотипической изменчивости в общем фенотипическом варьировании признака [6]. У гомозиготных самоопыляющихся растений, к которым относится лен масличный, сохраняются все генные сочетания родителей благодаря отсутствию рекомбинации в ряде поколений. Поэтому эффективность отбора по количественным признакам вполне можно оценивать с помощью коэффициента наследуемости в широком смысле [7].

Поскольку изменчивость и наследуемость признаков зависят от генотипа и условий внешней среды, представляет ценность информация, полученная в конкретной агроклиматической зоне, для которой создаются новые сорта [8, 9].

В связи с этим целью данного исследования предусматривалось определение потенциальных возможностей диких видов льна *L. angustifolium* и *L. hispanicum* в передаче ценных генов, ответственных за высоту растений, ветвление стеблей и боковых побегов потомству, а также выделение гибридных комбинаций с высокими показателями коэффициентов наследуемости для использования их в селекции.

### Основная часть

Исследования проводили в Институте масличных культур НААН Украины. Для изучения наследуемости признаков габитуса в 2017–2018 гг. были проведены скрещивания по полной диаллельной схеме. Родительскими формами были два диких вида и три образца культурного льна. Дикие виды *L. angustifolium* и *L. hispanicum* характеризовались раннеспелостью, большим, чем у культурного льна, количеством стеблей, боковых побегов, коробочек, облиственностью растений. Образцы культурного льна: Л 6 (Индия), М 32/2 (ИМК НААН, Украина), Л 5 (Чехия), использованные нами в скрещиваниях, были контрастными по признакам габитуса.

Гибриды второго поколения, полученные в 2019 и 2020 гг., высевали в гибридном питомнике  $F_2$  с разной площадью делянок в зависимости от наличия семян блоками по схеме: материнская форма – прямой и обратный гибриды  $F_2$  – отцовская форма [10]. Структурный анализ признаков габитуса (высота растения, количество стеблей на растении, количество боковых побегов на растении) проводили на 150 гибридных растениях  $F_2$  и 20 растениях родительских форм.

Агроклиматические условия периода вегетации льна масличного в 2019 и 2020 гг. были контрастными по основным гидротермическим показателям.

Коэффициент наследуемости (Н) определяли по формуле [11]:

$$H = \frac{F_2 - (P_1 + P_2 + F_1) : 3}{F_2}, \text{ где } P_1, P_2, F_1, F_2 - \text{ дисперсии признака.}$$

Дисперсии признаков вычисляли в программе «MSTAT-C», разработанной в Мичиганском университете (США).

Согласно градации А. Я. Ала [12], коэффициенты наследуемости разделяли на: высокие – 0,66–1,0; средние – 0,33–0,65; низкие – 0,00–0,32.

По высоким показателям коэффициентов наследуемости выделяли комбинации, перспективные для отбора в ранних поколениях растений с необходимым уровнем признака.

В результате анализа межвидовых гибридов  $F_2$  по признаку «высота растения» установлен средний и высокий уровень наследуемости, который составил 0,42–0,80 в 2019 г. и 0,49–0,87 в 2020 г.

Среднее значение коэффициента наследуемости по комбинациям в 2019 г. составило 0,59, а в 2020 г. – 0,63. Таким образом установлено, что высота растений в средней степени контролировалась генотипом – на 59 % и 63 % соответственно.

В литературных источниках рядом ученых была установлена достаточно высокая наследуемость высоты растений, технической части стебля, количества стеблей на растении [1, 7, 13]. По данным Ф. М. Галкина [7], высота растений имела относительно высокие коэффициенты наследуемости по материнской линии, поэтому при селекции на этот признак необходимо уделять особое внимание подбору материнских форм в скрещиваниях. Наши данные согласуются с данными исследователей, указывающих на достаточно высокую наследуемость этого признака.

Считается, что минимальная величина коэффициента наследуемости, при которой можно вести успешный отбор в ранних поколениях, должна составлять 0,50 или 50 %. Если показатель ниже ми-

нимальной величины, то отбор из таких комбинаций рекомендуется начинать в более поздних поколениях, чтобы избежать потери ценных генотипов [8].

По высоким коэффициентам наследуемости ( $H > 0,66$ ) были выделены четыре комбинации с диким видом *L. angustifolium*, такие как: *L. angustifolium* / Л 6 – 0,81, Л 6 / *L. angustifolium* – 0,87, *L. angustifolium* / Л 5 – 0,67–0,80, Л 5 / *L. angustifolium* – 0,68–0,72. Высокая степень генетической обусловленности по этому признаку свидетельствует о незначительном влиянии паратипических факторов и эффективности отбора растений с необходимой высотой в выделенных комбинациях, начиная с поколений  $F_2$  и  $F_3$  (табл. 1).

Таблица 1. Наследуемость признака «высота растения» у межвидовых гибридов  $F_2$  льна масличного, 2019–2020 гг.

Комбинация скрещивания	2019 г.					2020 г.				
	Дисперсия признака				Н	Дисперсия признака				Н
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	
<i>L. angustifolium</i> / Л 6	–	–	–	–	–	9,81	10,15	0,50	36,81	0,81
Л 6 / <i>L. angustifolium</i>	–	–	–	–	–	10,15	9,81	11,20	82,72	0,87
<i>L. angustifolium</i> / М 32/2	8,31	61,07	24,33	74,22	0,58	22,45	44,36	6,23	53,44	0,54
М 32/2 / <i>L. angustifolium</i>	61,07	8,31	6,81	59,14	0,57	44,36	22,45	15,70	53,61	0,49
<i>L. angustifolium</i> / Л 5	3,48	17,96	2,00	39,13	0,80	17,21	24,22	9,47	50,74	0,67
Л 5 / <i>L. angustifolium</i>	17,96	3,48	17,72	46,14	0,72	24,22	17,21	2,94	46,00	0,68
<i>L. hispanicum</i> / Л 6	17,76	12,51	15,02	26,10	0,42	23,33	13,01	9,61	34,83	0,56
Л 6 / <i>L. hispanicum</i>	12,51	17,76	4,87	21,13	0,45	13,01	23,33	7,95	40,23	0,63
<i>L. hispanicum</i> / М 32/2	–	–	–	–	–	18,30	11,92	16,91	43,75	0,64
М 32/2 / <i>L. hispanicum</i>	43,39	11,50	19,57	60,30	0,59	11,92	18,30	19,60	42,05	0,61
<i>L. hispanicum</i> / Л 5	–	–	–	–	–	33,06	32,97	14,33	55,89	0,52
Л 5 / <i>L. hispanicum</i>	–	–	–	–	–	32,97	33,06	4,72	54,36	0,57
<b>Среднее</b>					<b>0,59</b>					<b>0,63</b>

Коэффициенты наследуемости по признаку «количество стеблей на растении» у межвидовых гибридов имели широкий диапазон варьирования в зависимости от комбинации скрещивания. Установлены низкие ( $H = 0,24–0,32$ ), средние ( $H = 0,46–0,65$ ) и высокие ( $H = 0,66–0,81$ ) значения, поэтому эффективность отбора не по всем комбинациям будет одинаковой. В среднем за два года исследований показатели коэффициентов наследуемости имели средний уровень и составляли 0,53 в 2019 г. и 0,65 в 2020 г.

Высокими коэффициентами наследуемости выделились шесть комбинаций с диким видом *L. hispanicum*, а именно: *L. hispanicum* / Л 6 – 0,69–0,78, Л 6 / *L. hispanicum* – 0,66–0,81, *L. hispanicum* / М 32/2 – 0,78, М 32/2 / *L. hispanicum* – 0,81, *L. hispanicum* / Л 5 – 0,78, Л 5 / *L. hispanicum* – 0,72. Высокий уровень наследуемости данного признака в этих комбинациях свидетельствует о возможности достаточно эффективного индивидуального отбора растений, начиная с  $F_2$  и  $F_3$ , и селекционного улучшения признака в сторону увеличения количества стеблей на растении (табл. 2).

Таблица 2. Наследуемость признака «количество стеблей на растении» у межвидовых гибридов  $F_2$  льна масличного, 2019–2020 гг.

Комбинация скрещивания	2019 г.					2020 г.				
	Дисперсия признака				Н	Дисперсия признака				Н
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	
<i>L. angustifolium</i> / Л 6	–	–	–	–	–	3,23	2,36	0,51	3,91	0,48
Л 6 / <i>L. angustifolium</i>	–	–	–	–	–	2,36	3,23	0,61	4,48	0,54
<i>L. angustifolium</i> / М 32/2	0,81	0,99	0,33	1,90	0,63	2,51	3,51	0,32	5,01	0,58
М 32/2 / <i>L. angustifolium</i>	0,99	0,81	0,20	1,57	0,57	3,51	2,51	0,30	5,97	0,65
<i>L. angustifolium</i> / Л 5	1,58	0,62	0,50	1,18	0,24	4,85	1,46	0,47	4,70	0,52
Л 5 / <i>L. angustifolium</i>	0,62	1,58	0,19	1,16	0,32	1,46	4,85	0,17	4,00	0,46
<i>L. hispanicum</i> / Л 6	0,43	0,62	0,06	1,73	0,78	3,28	0,76	0,47	4,79	0,69
Л 6 / <i>L. hispanicum</i>	0,62	0,43	0,15	1,19	0,66	0,76	3,28	0,17	7,30	0,81
<i>L. hispanicum</i> / М 32/2	–	–	–	–	–	0,92	2,61	1,66	8,04	0,78
М 32/2 / <i>L. hispanicum</i>	0,78	0,88	1,14	1,71	0,46	2,61	0,92	1,14	8,09	0,81
<i>L. hispanicum</i> / Л 5	–	–	–	–	–	1,33	1,08	0,33	3,90	0,78
Л 5 / <i>L. hispanicum</i>	–	–	–	–	–	1,08	1,33	0,66	3,61	0,72
<b>Среднее</b>					<b>0,53</b>					<b>0,65</b>

По признаку «количество боковых побегов на растении» выявлены низкие (0,23–0,32), средние (0,39–0,65) и высокие (0,66–0,72) показатели коэффициентов наследуемости, что свидетельствует о различной степени их генетической обусловленности. В среднем за два года исследований показатели коэффициентов наследуемости имели средний уровень и составляли 0,49 в 2019 г. и 0,59 в 2020 г.,

что несколько ниже средних показателей Н по высоте растений и количеству стеблей на растении. Это свидетельствует о большем влиянии на данный признак факторов внешней среды и более низкой доле генотипической изменчивости в общем фенотипическом варьировании признака.

Выделены четыре комбинации с высокими показателями Н: *L. angustifolium* / М 32/2 – 0,66, М 32/2 / *L. angustifolium* – 0,72, *L. hispanicum* / М 32/2 – 0,68, М 32/2 / *L. hispanicum* – 0,70–0,71. Высокая способность к наследуемости у выделенных комбинаций свидетельствует о большой степени генетической обусловленности признака и возможности создания форм с повышенным ветвлением в процессе последующих отборов (табл. 3).

Таблица 3. Наследуемость признака «количество боковых побегов на растении» у межвидовых гибридов F<sub>2</sub> льна масличного, 2019–2020 гг.

Комбинация скрещивания	2019 г.				Н	2020 г.				Н
	Дисперсия признака					Дисперсия признака				
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	
<i>L. angustifolium</i> / Л 6	–	–	–	–	–	83,61	19,14	17,30	104,74	0,62
Л 6 / <i>L. angustifolium</i>	–	–	–	–	–	19,14	83,61	10,65	55,90	0,32
<i>L. angustifolium</i> / М 32/2	7,01	16,38	24,33	42,25	0,62	13,18	64,30	5,82	78,94	0,66
М 32/2 / <i>L. angustifolium</i>	16,38	7,01	22,69	28,12	0,45	64,30	13,18	9,50	104,05	0,72
<i>L. angustifolium</i> / Л 5	5,60	6,70	14,50	22,66	0,61	25,09	50,26	2,47	66,17	0,61
Л 5 / <i>L. angustifolium</i>	6,70	5,60	22,44	14,98	0,23	50,26	25,09	6,98	53,73	0,61
<i>L. hispanicum</i> / Л 6	6,74	3,04	13,38	12,59	0,39	80,94	11,10	12,61	51,41	0,32
Л 6 / <i>L. hispanicum</i>	3,04	6,74	17,56	15,97	0,43	11,10	80,94	0,62	81,56	0,62
<i>L. hispanicum</i> / М 32/2	–	–	–	–	–	15,80	60,62	22,00	102,78	0,68
М 32/2 / <i>L. hispanicum</i>	6,89	4,34	25,61	42,10	0,71	60,62	15,80	20,61	107,09	0,70
<i>L. hispanicum</i> / Л 5	–	–	–	–	–	13,46	21,77	4,03	36,77	0,64
Л 5 / <i>L. hispanicum</i>	–	–	–	–	–	21,77	13,46	8,32	41,79	0,65
<b>Среднее</b>					<b>0,49</b>					<b>0,59</b>

Следует отметить межвидовые комбинации (прямую и обратную) *L. hispanicum* / М 32/2 и М 32/2 / *L. hispanicum*, которые выделились высокими показателями коэффициентов наследуемости по двум признакам – количеству стеблей и количеству боковых побегов на растении. Потенциальные возможности выделенных комбинаций будут использованы в дальнейшем селекционном процессе на повышенное ветвление.

На величину коэффициента наследуемости значительное влияние оказывали погодные условия. По всем изучаемым признакам габитуса в менее благоприятных по температурному режиму и количеству осадков условиях 2019 г. наблюдалась тенденция снижения средних показателей Н по сравнению с более благоприятным 2020 годом. Так, по высоте растений Н был равен 0,59 в 2019 г. против 0,63 в 2020 г.; по количеству стеблей на растении – 0,53 в 2019 г. против 0,65 в 2020 г.; по количеству побегов на растении – 0,49 в 2019 г., против 0,59 в 2020 г. (табл. 1, 2, 3). Это объясняется тем, что при неблагоприятных условиях среды существенно возрастает доля паратипической изменчивости признака, следовательно, снижается величина коэффициента наследуемости. Благоприятные и стабильные условия среды способствуют повышению коэффициента наследуемости [14].

### Заключение

Таким образом, проведенные нами исследования позволяют сделать вывод о зависимости наследуемости признаков габитуса льна от многих факторов: генетических особенностей экспериментального материала, исследуемого признака, условий окружающей среды.

Установлено, что у межвидовых гибридов второго поколения высота растений, количество стеблей и боковых побегов на растении являются в средней степени наследуемыми признаками (Н = 0,61, 0,59, 0,54 соответственно).

Выделены межвидовые гибридные комбинации с высокими коэффициентами наследуемости:

по высоте растений – *L. angustifolium* / Л 6 (0,81), Л 6 / *L. angustifolium* (0,87), *L. angustifolium* / Л 5 (0,67–0,80), Л 5 / *L. angustifolium* (0,68–0,72);

по количеству стеблей на растении – *L. hispanicum* / Л 6 (0,69–0,78), Л 6 / *L. hispanicum* (0,66–0,81), *L. hispanicum* / М 32/2 (0,78), М 32/2 / *L. hispanicum* (0,81), *L. hispanicum* / Л 5 (0,78), Л 5 / *L. hispanicum* (0,72);

по количеству боковых побегов на растении – *L. angustifolium* / М 32/2 (0,66), М 32/2 / *L. angustifolium* (0,72), *L. hispanicum* / М 32/2 (0,68), М 32/2 / *L. hispanicum* (0,70–0,71).

Полученные научные данные и селекционный материал имеют как теоретическое, так и практическое значение. Выделенные нами комбинации с высокой степенью генетической обусловленности по

признакам габитуса растений являются перспективным исходным материалом и будут проходить дальнейшее испытание в селекционном процессе для создания новых высокопродуктивных сортов льна масличного с повышенным ветвлением стебля.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лях, В. А. Ботанические и цитогенетические особенности видов рода *Linum* L. и биотехнологические пути работы с ними / В. А. Лях, А. И. Сорока // Монографія – Запорожье, 2008. – 182 с.
2. Полякова, И. А. Использование межвидовой гибридизации при создании ценного исходного материала льна масличного / И. А. Полякова // Зб. наук. праць «Фактори експериментальної еволюції організмів», Інститут молекулярної біології і генетики, Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М.І. Вавилова, 2014. – Том. 15. – С. 227–230.
3. Полякова, І. О. Селекційна оцінка сортів ресурсів льону олійного / І. О. Полякова // Науково-технічний бюлетень ІОК НААН. – Запоріжжя, 2019. – Вип. 28 – С. 79–87.
4. Товстановская, Т. Г. Использование селекционно-генетических параметров при создании исходного материала для селекции льна масличного: сб. тезисов VI Международной научной конференции «Генетика, физиология и селекция растений» / Т. Г. Товстановская. – Кишинев: Институт генетики, физиологии и защиты растений Академии наук Республики Молдова, 9–10 октября, 2017 – С. 25–30.
5. Волкова, Л. В. Наследуемость и изменчивость признаков продуктивности у гибридов яровой мягкой пшеницы первого-четвертого поколений / Л. В. Волкова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2019. – Том 20, №3. – С. 207–218.
6. Будак, А. Б. Изменчивость и наследуемость количественных признаков у сои в  $F_2$  / А. Б. Будак // Генетические основы селекции с.-х. культур в Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1986. – С. 107–114.
7. Галкин, Ф. М. Применение коэффициентов наследуемости для прогноза отбора по количественным признакам у льна масличного / Ф. М. Галкин, М. А. Сорочинская // Бюл. науч.-техн. инф. по масл. культурам ВНИИМК. – 1986. – Вып. III (94). – С. 8–13.
8. Литарная, М. А. Наследование хозяйственно-ценных признаков у гибридов  $F_1$ – $F_3$  и выделение исходного материала для целей селекции / М. А. Литарная // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2019. – № 1. – С. 135–138.
9. Товстановська Т. Г. Ефективність використання селекційно-генетичних параметрів у селекції льону олійного / Т. Г. Товстановська // Вісник аграрної науки – Київ, 2018. – № 10 – С. 41–47.
10. Лях, В. О. Селекція льону олійного. Методичні рекомендації / В. О. Лях, І. О. Полякова. – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2008. – 40 с.
11. Айала, Ф. Введение в популяционную и эволюционную генетику / Ф. Айала // М. Мир: 1984. – 232 с.
12. Ала, А. Я. Генетика количественных признаков сои / А. Я. Ала // Научно-техн. бюл., Новосибирск: 1976. – Вып. 5. – С. 6–23.
13. Patil, V. D. Genetic variability and character association in intervarietal crosses of linseed / V. D. Patil, V. G. Makhe, P. R. Chopde // Indian J. Agr. Sci. – 1981. – V. 51. – № 9. – P. 631–633.
14. Мухордова, М. Е. Наследуемость хозяйственно-ценных признаков гибридов озимой мягкой пшеницы / М. Е. Мухордова // Вестник Алтайского госуд. аграрного универс. – 2015. – №7 (129). – С. 20–24.

## ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА И ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КОРМОВЫХ БОБОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НОРМАХ И СПОСОБАХ ПОСЕВА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

А. А. ЗАПРУДСКИЙ

РУП «Институт защиты растений»,  
а.г. Прилуки, Республика Беларусь, 223011, e-mail: a.zaprudski@mail.ru

(Поступила в редакцию 14.05.2021)

В статье представлены результаты исследований за 2017–2020 годы по оценке эффективности возделывания кормовых бобов на зерно и зеленую массу при различных нормах и способах посева в условиях центральной части Республики Беларусь. Отмечено, что при сплошном рядовом способе посева вегетационный период растений кормовых бобов составлял 101–104 дня и был короче на 4–7 дней по сравнению с широкорядным способом посева, что обусловлено уменьшением продолжительности прохождения межфазного периода «цветение – плодообразование». Сохраняемость растений к уборке изменялась по мере повышения нормы высева: при рядовом способе посева – с 90,7 до 86,8 % при широкорядном способе – с 88,9 до 86,9 %. Общая выживаемость семян и растений по мере загущения посевов снижалась с 81,3 до 76,4 при рядовом посеве и с 80,0 до 76,5 % при широкорядном. Максимальная урожайность зеленой массы кормовых бобов была получена в фазе окончания налива зерна в нижних ярусах растений в вариантах 0,4 и 0,5 млн/га при рядовом способе посева – 39,2 и 40,1 т/га, при широкорядном способе в вариантах 0,3 и 0,4 млн/га – 36,7 и 37,3 т/га. Наибольшая зерновая продуктивность кормовых бобов – 4,44 и 4,53 т/га была получена при нормах высева 0,4–0,5 млн/га при рядовом способе посева и 4,14–4,31 т/га при широкорядном посеве с нормами высева 0,3–0,4 млн/га.

**Ключевые слова:** кормовые бобы, нормы высева, способы посева, зеленая масса, зерно, урожайность.

The article presents results of research in 2017–2020 into the efficiency of cultivation of forage beans for grain and green mass at different rates and methods of sowing in the central part of the Republic of Belarus. It was noted that with a continuous row sowing method, the growing season of forage beans was 101–104 days and was shorter by 4–7 days compared to the wide-row sowing method, which is due to a decrease in the duration of the 'flowering - fruit formation' interphase period. The survival rate of plants for harvesting changed with an increase in the seeding rate: with the row sowing method – from 90.7 to 86.8%; with the wide-row method – from 88.9 to 86.9%. The overall survival rate of seeds and plants as the crops thickened decreased from 81.3 to 76.4 for row sowing and from 80.0 to 76.5% for wide-row sowing. The maximum yield of green mass of fodder beans was obtained in the phase of the end of grain filling in the lower tiers of plants in variants with plants in variants of 0.4 and 0.5 million / ha according to an ordinary method of sowing – 39.2 and 40.1 t / ha, and according to a wide-row method in variants of 0.3 and 0.4 million / ha – 36.7 and 37.3 t / ha. The highest grain productivity of forage beans – 4.44 and 4.53 t / ha – was obtained at seeding rates of 0.4–0.5 million / ha with an ordinary sowing method and 4.14–4.31 t / ha with wide-row sowing at seeding rates of 0.3–0.4 million / ha.

**Key words:** forage beans, seeding rates, sowing methods, green mass, grain, yield.

### Введение

В Республике Беларусь, согласно Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 гг., обеспеченность сельскохозяйственных животных отечественным растительным белком должна составлять не менее 70 % от общей потребности. В этой связи перед аграриями нашей страны ставится задача по доведению посевных площадей под зернобобовые культуры до 350 тыс. га [1]. Для реализации этих показателей, помимо гороха, вики и люпина, наметилась тенденция расширения площади выращивания кормовых бобов (*Vicia faba* L.).

В 1 кг зерна содержится 1,16–1,29 корм. ед., на 1 корм. ед. приходится 200 г и более переваримого протеина, что на 50 г больше, чем в горохе. В фазу налива семян кормовые бобы содержат большое количество каротина. Содержание лизина в кормовых бобах в 1,5–2,0 раза больше по сравнению с белком зерновых злаков. Зелёная масса бобов хорошо силосуется с углеводистыми растениями и подсолнечником. В 1 кг сухого вещества зелёной массы кормовых бобов содержится 9,6–10,0 МДж обменной энергии и 160–165 г переваримого протеина в 1 корм. ед., что в 1,5–2,0 раза больше, чем в зелёной массе кукурузы [2]. Также использование кормовых бобов в севообороте имеет огромное экологическое значение, заключающееся в улучшении физико-химических свойств почвы, повышении плодородия, снижая при этом потребление азотных удобрений [3, 4, с. 273–277].

Согласно данным литературным источников [5, 6], началом активного освоения и внедрения кормовых бобов в сельскохозяйственное производство нашей страны следует считать 60-е годы прошлого столетия. Однако разработанные в тот момент рекомендации по возделыванию культуры не приемлемы для складывающихся в настоящее время почвенно-климатических и фитосанитарных условий, а изменившийся сортовой состав кормовых бобов не позволяет в полной мере использовать в них заложенный продуктивный потенциал. Все это в совокупности определяет необходимость в совершенствовании агротехнических приемов возделывания культуры, в частности способов и норм высева. По выражению М. С. Савицкого вопрос «Сколько нужно высевать семян на гектар – это вечно старый и вечно новый вопрос агротехники» [7].

В этой связи уточнение способов и норм высева семян кормовых бобов в условиях центральной части Беларуси и их влияния на процессы формирования продуктивности зерна и зеленой массы являются весьма актуальными, что и является целью данных исследований.

### Основная часть

Исследования проводились в 2017–2020 гг. на опытном поле РУП «Институт защиты растений» Минского района Минской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, пахотный слой характеризовался следующими показателями: рН – 6,1–6,3; содержание гумуса – 1,8–1,9 %, подвижных форм фосфора – 205,0–211,4 мг/кг, калия – 281,2–290,1 мг/кг почвы. Общая площадь делянки – 40 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная, расположение делянок рендомизированное. Изучались нормы высева сорта Фанфар, млн./га всхожих семян: при рядовом способе посева (15 см) – 0,3; 0,4; 0,5; при ширококрядном способе (45 см) – 0,2; 0,3; 0,4.

Фенологические стадии роста и развития кормовых бобов указывались в соответствии со шкалой ВВСН. Агротехника в опыте общепринятая для возделывания кормовых бобов в центральной агроклиматической зоне Республике Беларусь. Учет биометрических показателей роста и развития культуры проводили по методике Ю. К. Новоселова [8]. Статистический анализ полученных результатов проведен в соответствии с рекомендациями Б. А. Доспехова [9]. Обработка экспериментальных данных выполнена в MS Excel.

Агрометеорологические условия в годы проведения исследований отличались по количеству выпавших осадков и температурному режиму, что позволило в полной мере оценить влияние норм и способов посева на процесс прохождения фаз роста и развития, а также формирования продуктивности зерна и зеленой массы культуры. В 2017 г. первая половина вегетации проходила при температуре воздуха выше уровня среднеголетних значений с дефицитом выпадения осадков, в период от цветения до созревания бобов распределение тепла и влаги было в пределах нормы. В 2018 и 2019 гг. в межфазный период прорастание – бутонизация культуры характеризовался повышенным температурным режимом на 2,5–4,0 °С с суммой осадков 48,6–69,8 мм, что благоприятно сказалось на росте и развитии растений. Вторая половина вегетации проходила при температуре воздуха близкой к уровню среднеголетних значений с достаточным влагообеспечением. В 2020 г. избыточное увлажнение и недостаток тепла задержали прорастание – бутонизация на 11–12 дней, чем в предыдущие годы. Дальнейший рост и развитие культуры проходил при оптимальном гидротермическом режиме.

Нормы высева и способы сева оказывают определенное влияние на продолжительность вегетационного периода кормовых бобов. Согласно исследованиям В. П. Суворина [10], проведенным в условиях Ленинградской области, увеличение норм высева при сплошном и рядовом способах посева несколько удлиняет период «всходы – цветение» и сокращает период «цветение – созревание». В результате значительного сокращения вегетационного периода бобов при увеличении норм высева не происходит. По мнению Г. И. Навроцкого [11] и Андрушкив [12], в условиях Правобережной лесостепи и Прикарпатья Украины соответственно, даты наступления фаз развития кормовых бобов при различных нормах и способах посева были почти одинаковыми, за исключением созревания, которое при ширококрядном способе наступало на 2–5 дней позже, чем при сплошном рядовом.

В наших опытах, на начальных этапах развития культуры продолжительность межфазного периода «прорастание – стебление» составляла 27 дней и не зависела от норм высева и способов посева (рис. 1).

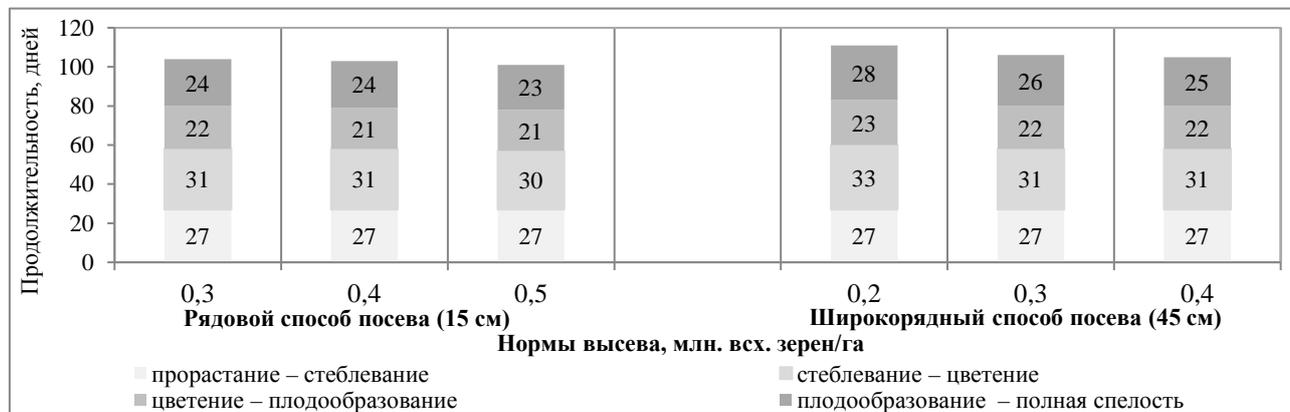


Рис. 1. Продолжительность межфазных периодов кормовых бобов в зависимости от норм и способов посева в среднем за 2017–2020 гг.

В дальнейшем по мере увеличения нормы высева отмечена незначительная тенденция сокращения продолжительности периода «стеблевание – цветение» с 31 до 30 дней при рядовом и с 33 до 31 дня при широкорядном способе посева. Такая же закономерность прохождения межфазных периодов по нормам высева и способом посева прослеживалась и в период «цветение – плодообразование». Последующие наблюдения показали, что по мере повышения норм высева продолжительность межфазного периода «плодообразование – полная спелость» при рядовом способе посева практически не изменялась и составляла 23–24 дня, тогда как при широкорядном посеве имела явно выраженную тенденцию к сокращению с 28 до 25 дней.

В среднем за 2017–2020 гг. вегетационный период растений кормовых бобов при сплошном рядовом способе посева составлял 101–104 дня и был короче на 4–7 дней по сравнению с широкорядным способом посева, что обусловлено уменьшением продолжительности прохождения межфазного периода «цветение – плодообразование».

Установлено, что норма высева и способ посева семян не оказали существенного влияния на величину полевой всхожести семян. Она зависела от почвенно-метеорологических условий во время появления всходов и составила при рядовом способе посева 88,0–90,3 %, при широкорядном – 88,0–90,0 %. Выявлено, что сохраняемость растений к уборке изменялась по мере повышения нормы высева: при рядовом способе посева – с 90,7 до 86,8 % при широкорядном способе – с 88,9 до 86,9 %. Это обусловлено повышенной конкуренцией растений в загущенных посевах за площадь питания в результате ухудшения освещенности, фитосанитарного состояния посевов. Густота стояния растений кормовых бобов к уборке в зависимости от норм высева при рядовом способе посева составила 24,4–38,2 шт/м<sup>2</sup>, при широкорядном – 16,0–30,6 шт/м<sup>2</sup>. Общая выживаемость семян и растений по мере загущения посевов снижалась с 81,3 до 76,4 % при рядовом посеве и с 80,0 до 76,5 % при широкорядном.

Установлено влияние норм высева и способов посева кормовых бобов на динамику линейного роста растений кормовых бобов в период вегетации. По мере загущения посевов с 0,3 до 0,5 млн/га высота растений в фазе бутонизации увеличивалась при рядовом способе посева с 67,4 до 73,8 см, при широкорядном способе (0,2–0,4 млн/га) – с 65,2 до 72,0 см (рис. 2).

В посевах с изреженной густотой выявлена тенденция уменьшения линейного роста, а в загущенных посевах – тенденция увеличения. В фазе цветения наименьшая высота надземной части при рядовом посеве – 89,3 см была в варианте с нормой высева 0,3 млн/га, а при увеличении нормы высева до 0,5 млн/га повышалась до 96,5 см. При широкорядном посеве (0,2–0,4 млн/га) прослеживалась такая же закономерность снижения высоты надземной части, однако была ниже на 2,9–3,1 см, чем при рядовом посеве. Прирост надземной части в высоту за период «бутонизация – цветение» по мере загущения посевов увеличивался при рядовом высеве семян с 21,9 до 22,7 см, при широкорядном – с 21,2 до 21,4 см.

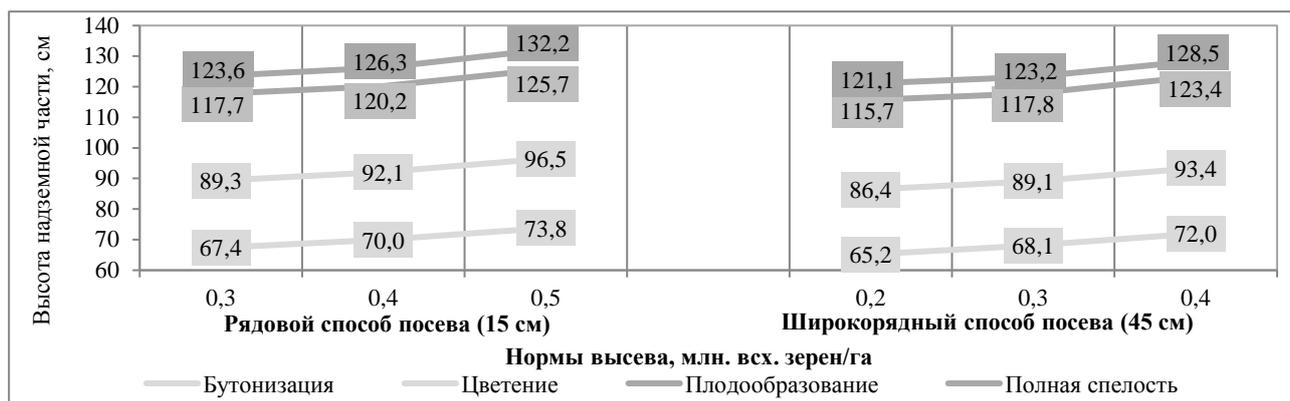


Рис. 2. Динамика линейного роста надземной части растений кормовых бобов в зависимости от норм высева и способов посева в среднем за 2017–2020 гг.

В фазе цветения высота растений культуры с увеличением нормы высева при рядовом способе посева увеличивалась с 117,7 до 125,7 см и была выше на 2,0–2,4 см, чем при широкорядном. При этом за межфазный период «цветение – плодообразование» отмечен максимальный прирост растений кормовых бобов в высоту с 28,1 до 29,2 см при рядовом способе посева, и с 28,7 до 30,0 см при широкорядном. В период от плодообразования до наступления полной спелости по мере увеличения

густоты растений тенденция увеличения прироста была менее значительной. В целом к уборке высота растений кормовых бобов по мере загущения с посевом при рядовом способе посева увеличивалась с 123,6 до 132,2 см, при ширококрядном – с 121,1 до 128,5 см.

Нормы высева и способы посева оказывают значительное влияние на урожай зеленой массы кормовых бобов. По данным исследований Дозорцева [6], проведенных в 1963–1964 гг. в условиях северо-восточной части Могилевской области отмечено, что максимальная зелеукозная продуктивность кормовых бобов была получена при ширококрядных (30 и 45 см) и ленточном способах посева (45\*15\*15 см) – 32,0–33,1 т/га, при этом нормы высева при рядовом способе посева культуры на территории Беларуси вовсе не изучались. По мнению В. Н. Шлапунова и др. [13, с. 75], оптимальная норма высева зерна кормовых бобов на зеленую массу составляет 0,5 млн семян/га без конкретизации способа посева.

В наших исследованиях максимальная урожайность зеленой массы кормовых бобов была получена в фазе окончания налива зерна в нижних ярусах растений в вариантах 0,4 и 0,5 млн/га при рядовом способе посева – 39,2 и 40,1 т/га, при ширококрядном способе в вариантах 0,3 и 0,4 млн/га – 36,7 и 37,3 т/га (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность зеленой массы растений кормовых бобов в зависимости от норм и способов посева в среднем за 2017–2020 гг.

Норма высева, млн. всх. зерен/га	Урожайность зеленой массы, т/га	Отклонение к минимальной норме высева	
		т/га	%
Рядовой способ посева (15 см)			
0,3	33,1	–	–
0,4	39,2	+6,1	+18,4
0,5	40,1	+7,0	+21,0
Ширококрядный способ посева (45 см)			
0,2	31,3	–	–
0,3	36,7	+5,4	+17,3
0,4	37,3	+6,0	+19,2

НСР<sub>05</sub> А (способ посева) – 2017 г. – 2,0 т/га; 2018 г. – 2,2 т/га; 2019 г. – 2,4 т/га; 2020 г. – 2,1 т/га. В (нормы высева) – 2017 г. – 3,2 т/га; 2018 г. – 3,0 т/га; 2019 г. – 3,5 т/га; 2020 г. – 2,9 т/га. А и В – 2017 г. – 4,2 т/га; 2018 г. – 4,1 т/га; 2019 г. – 4,3 т/га; 2020 г. – 4,0 т/га.

Нормы высева и способы посева зерна кормовых бобов оказали влияние на процессы плодообразования растений. В среднем за 2017–2020 гг. по мере повышения нормы высева число узлов на растении при рядовом способе посева снижалось с 9,4 до 8,7 шт., при ширококрядном посеве – 9,8 до 8,9 шт. Число раскрывшихся цветков на растении также имела тенденцию к уменьшению при повышении густоты посева с 49,4 до 44,1 шт. – рядовой посев и с 53,4 до 45,1 шт. – ширококрядный посев (табл. 2).

Таблица 2. Сохраняемость плодов кормовых бобов в зависимости от норм высева и способов посева в среднем за 2017–2020 гг.

Норма высева, млн. всх. семян/га	Число узлов на расте- нии, шт./растение	Число раскрывшихся цветков, шт./ растение	Число плодов, шт./растение		Завязыва- емость плодов, %	Сохраняе- мость плодов к уборке, %
			завязав- шихся	плодоносящих к уборке		
Рядовой способ посева (15 см)						
0,3	9,4	49,4	20,4	14,6	41,3	71,6
0,4	8,9	45,2	16,9	13,1	37,4	77,5
0,5	8,7	44,1	16,0	12,5	36,3	78,1
Ширококрядный способ посева (45 см)						
0,2	9,8	53,4	23,6	16,0	44,2	67,8
0,3	9,2	48,7	19,2	13,9	39,4	72,4
0,4	8,9	45,1	16,5	12,8	36,6	77,6

Повышение нормы высева семян обеспечило снижение числа завязавшихся плодов на растении при рядовом способе посева с 20,4 до 16,0 шт., при ширококрядном – с 23,6 до 16,5 шт./растение. В результате чего, завязываемость плодов снижалась в зависимости от способа посева с 41,3 до 36,3 и с 44,2 до 36,6 % соответственно. Число плодоносящих бобов к уборке в зависимости от нормы высева уменьшалось при рядовом посеве с 14,6 до 12,5 шт./растение при ширококрядном – с 16,0 до 12,8 шт./растение. В целом сохраняемость плодов к уборке по мере повышения норм высева при рядовом способе посева увеличивался с 71,6 до 78,1 %, при ширококрядном способе – с 67,8 до 77,6 %. Повышение показателя сохраняемости объясняется меньшим соотношением числа завязавшихся бобов к числу плодоносящих к уборке.

Анализ элементов структуры урожая показал, что по мере повышения нормы высева, число зерен на растении снижалось при рядовом посеве с 43,8 до 38,8 шт. при широкорядном – с 46,4 до 38,4 шт. Это объясняется тем, что при меньшей густоте посева увеличивается площадь питания, что способствует формированию большего количества продуктивных бобов (табл. 3).

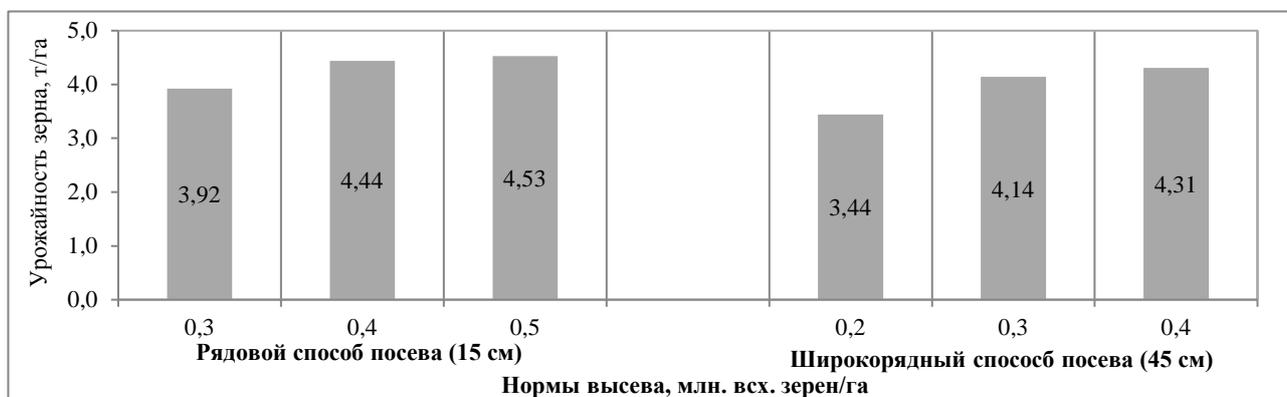
Таблица 3. Элементы структуры урожайности кормовых бобов в зависимости от норм высева и способов посева в среднем за 2017–2020 гг.

Норма высева, млн. всх. семян/га	На одном растении		Число зерен в бобе, шт.	Масса 1000 зерен, г
	зерен, шт.	масса зерна, г		
Рядовой способ посева (15 см)				
0,3	43,8	18,9	3,0	432,0
0,4	40,6	17,5	3,1	432,1
0,5	38,8	16,7	3,1	431,3
Широкорядный способ посева (45 см)				
0,2	46,4	20,0	2,9	431,3
0,3	41,7	18,0	3,0	432,4
0,4	38,4	16,6	3,0	431,1

Снижение количества бобов на растении сопровождалось увеличением числа завязавшихся в них семян с 3,0 до 3,1 шт. при рядовом посеве, и с 2,9 до 3,0 шт. при широкорядном. Масса 1000 семян в несущественно отличалась от изучаемых вариантов опыта и колебалась в пределах 431,1–432,0 г.

Анализ литературных источников указывает на неоднозначное мнение авторов по преимуществу рядового и широкорядного способов посева кормовых бобов. По мнению А. В. Красовской и др. [14], в условиях Западной Сибири возделывание культуры на зерно наиболее эффективно при рядовом способе посева с шириной междурядий 15 см. По данным исследований И. П. Таланова и др. [15], в условиях Предкамья Республики Татарстан максимальная зерновая продуктивность кормовых бобов обеспечивается при ширине междурядий 45 см. Вместе с тем, В. Kulig и др. [16] утверждают, что в условиях Республики Польша при оптимальных нормах высева кормовых бобов, урожайность зерна культуры несущественно колебалась в зависимости от способа посева.

В наших исследованиях, в среднем за 2017–2020 гг. при сплошном рядовом способе посева (15 см) максимальная урожайность семян кормовых бобов – 4,44 и 4,53 т/га была получена при нормах высева 0,4–0,5 млн/га (рис. 3).



НСР<sub>05</sub> А (способ посева) – 2017 г. – 0,11 т/га; 2018 г. – 0,12 т/га; 2019 г. – 0,15 т/га; 2020 г. – 0,13 т/га. В (нормы высева) – 2017 г. – 0,21 т/га; 2018 г. – 0,22 т/га; 2019 г. – 0,20 т/га; 2020 г. – 0,19 т/га. А и В – 2017 г. – 0,31 т/га; 2018 г. – 0,30 т/га; 2019 г. – 0,35 т/га; 2020 г. – 0,32 т/га.

Рис. 3. Урожайность зерна кормовых бобов в зависимости от норм высева и способов посева в среднем за 2017–2020 гг.

При посеве широкорядным способом (45 см) наибольшая зерновая продуктивность культуры – 4,14–4,31 т/га была получена при нормах высева 0,3–0,4 млн/га. Следует отметить, что разница в урожае в зависимости от способов посева была несущественной при одинаковых нормах высева.

### Заключение

В среднем за 2017–2020 гг. вегетационный период растений кормовых бобов при сплошном рядовом способе посева составлял 101–104 дня и был короче на 4–7 дней по сравнению с широкорядным способом посева, что обусловлено уменьшением продолжительности прохождения межфазного периода «цветение – плодообразование».

Сохраняемость растений к уборке по мере повышения нормы высева при рядовом способе посева изменялась с 90,7 до 86,8 %, при широкорядном способе – с 88,9 до 86,9 %. Общая выживаемость семян и растений по мере загущения посевов снижалась с 81,3 до 76,4 %, при рядовом посеве и с 80,0 до 76,5 % при широкорядном.

Максимальная урожайность зеленой массы кормовых бобов была получена в фазе окончания налива зерна в нижних ярусах растений в вариантах 0,4 и 0,5 млн/га при рядовом способе посева – 39,2 и 40,1 т/га, при широкорядном способе в вариантах 0,3 и 0,4 млн/га – 36,7 и 37,3 т/га.

Наибольшая зерновая продуктивность кормовых бобов – 4,44 и 4,53 т/га была получена при нормах высева 0,4–0,5 млн/га при рядовом способе посева и 4,14–4,31 т/га при широкорядном посева с нормами высева 0,3–0,4 млн/га.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы. – Минск, 2021. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 10.04.2021.
2. Тимошкин, О. А. Повышение эффективности семеноводства кормовых бобов / О. А. Тимошкин, О. Ю. Тимошкина // Нива Поволжья. – 2012. – № 1 (22). – С. 58–62.
3. Иванюк, С. В. Селекция *Vicia faba* в Украине / С. В. Иванюк, С. В. Барвинченко // Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции полевых культур в Беларуси: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня основания РУП "Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию", Жодино, 5–6 июля 2017 г. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; редкол.: Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск, 2017. – С. 295–300.
4. Косолапов, В. М. Горох, люпин, вика, бобы: оценка и использование в кормлении сельскохозяйственных животных. / В.М. Косолапов [и др.] // М.: ООО «Угрешская типография», 2009. – 374 с.
5. Соловьева, Л. Д. Вопросы агротехники кормовых бобов в условиях Брестской области: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Л. Д. Соловьева; БелНИИЗ. – Жодино, 1966. – 24 с.
6. Дозорцев, Л. А. Биологическая и хозяйственная оценка сортов бобов и разработка некоторых вопросов семеноводческой агротехники их в условиях северо-востока БССР: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Л. А. Дозорцев; Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1967. – 26 с.
7. Малюгина, Т. М. Некоторые вопросы биологии и агротехники кормовых бобов в условиях Предуралья: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Т. М. Малюгина. – Пермь, 1967. – 29 с.
8. Новоселов, Ю. К. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю. К. Новоселов, Г. Д. Харьков, Н. С. Шеховцова. – М.: ВНИИК, 1983. – 197 с.
9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
10. Суворин, В. П. Способы посева и нормы высева кормовых бобов в Ленинградской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В. П. Суворин; Лен. с.-х. ин-т. – Л. – Пушкин, 1966. – 20 с.
11. Навроцкий, Г. И. Вопросы биологии и агротехники кормовых бобов в правобережной лесостепи УССР: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Г. И. Навроцкий; Укр. с.-х. акад. – Киев, 1963. – 24 с.
12. Андрушків, М. І. Агробиологічні особливості вирощування кормових бобів на зерно в умовах Прикарпаття: автореф. дис... канд. с.-х. наук / М. І. Андрушків; Львов. с.-х. ін-т. – Львов, 1966. – 26 с.
13. Шлапунов, В. Н. Кормовое поле Беларуси / В. Н. Шлапунов, В. С. Цыдик. – Барановичи, 2003. – 303 с.
14. Красовская, А. В. Влияние агротехнических приемов и метеорологических факторов на продуктивность кормовых бобов в Западной Сибири / А. В. Красовская, Т. М. Веремей, А. Ф. Степанов // Агропродовольственная политика России. – 2014, № 9 (33). – С. 40–42.
15. Таланов, И. П. Кормовые бобы – культура высоких возможностей / И. П. Таланов, В. А. Чернова, Г. К. Хузина // Кормопроизводство. – 2013. – № 1. С. 13–14.
16. Kulig, B. Effect of sowing rate on the yield and size of assimilation area in selected field bean cultivars / B. Kulig, E. Pisulewska, A. Sajdak // Strategie wykorzystania roślin strączkowych / Polska akad. nauk. – Warszawa, 2007. – P. 263–270.

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ В БАКОВЫХ СМЕСЯХ ГЕРБИЦИДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПОСЕВАХ КУКУРУЗЫ

**Ю. А. МИРЕНКОВ, А. В. ПАПСУЕВ**

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 02.06.2021)

*Гербициды могут не подавлять сорные растения в силу различных причин. Кроме того, сроки их внесения часто совпадают с периодом, когда на культуре появляются и другие виды вредных организмов.*

*Одним из наиболее вероятных путей решения данных проблем является использование баковых смесей, которые не только существенно замедляют появление резистентности к препаратам, но и позволяют снизить нормы расхода препарата и количество обработок, число проходов агрегата по полю.*

*Но, к сожалению, применение баковых смесей может быть сопряжено с риском повреждения защищаемой культуры из-за химической или физической несовместимости компонентов, либо повышения токсичности полученной баковой смеси. Именно поэтому совместное использование пестицидов в виде баковых смесей возможно только после полных и всесторонних исследований по физико-химической совместимости компонентов в смесях для того, чтобы избежать процесса снижения биологической эффективности полученной смеси или образования более токсичных соединений.*

*Проведено изучение физико-химической совместимости в баковых смесях гербицидов титус, 25 % с.т.с., санкор, ВДГ, майсТер пауэр, МД, аденго, КС, АГ-STI-500, СК, сулкотрек, СК, диален супер, ВР с КАСом и децисом экстра, КЭ.*

*Установлено, что данные гербициды физико-химически совместимы и могут быть использованы в виде баковых смесей с КАСом и инсектицидом децис экстра, КЭ. Результаты исследований по изучению поверхностного натяжения баковых смесей свидетельствуют о повышении смачивающей способности практически всех смесей, за исключением вариантов децис экстра, КЭ, 0,1 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га и майсТер пауэр, МД, 1,0 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га, что предполагает увеличение защитных свойств ввиду улучшения закрепления баковой смеси на защищаемой культуре.*

*В связи с небольшими изменениями кислотности и довольно стабильной с течением времени смачивающей способности рекомендуется применение рабочих растворов в первые сутки после приготовления.*

**Ключевые слова:** физико-химическая совместимость, поверхностное натяжение, кислотность, титус, 25 % с.т.с., санкор, ВДГ, майсТер пауэр, МД, аденго, КС, АГ-STI-500, СК, сулкотрек, СК, диален супер, ВР, КАС, децис экстра, КЭ.

*Herbicides may not control weeds for various reasons. In addition, the timing of their introduction often coincides with the period when other types of pests appear on the crop.*

*One of the most probable ways to solve these problems is the use of tank mixtures, which not only significantly slow down the emergence of drug resistance, but also reduce the consumption rates of the drug and the number of treatments, the number of unit passes over the field.*

*But, unfortunately, the use of tank mixtures can be associated with the risk of damage to the protected crop due to chemical or physical incompatibility of the components, or an increase in the toxicity of the resulting tank mixture. That is why the joint use of pesticides in the form of tank mixtures is possible only after complete and comprehensive studies on the physicochemical compatibility of the components in the mixtures in order to avoid the process of reducing the biological effectiveness of the mixture obtained or the formation of more toxic compounds.*

*We have studied the following herbicides according to their physicochemical compatibility in tank mixtures: Titus (25 % DFS), Suncor (WDG), MeisTer power (OD), Adengo (SC), AG-STI-500 (SC), Sulcotrek (SC), Dialen super (WS and UAN), Detsis extra (EC).*

*It has been established that these herbicides are physicochemical compatible and can be used in the form of tank mixtures with UAN and insecticide Detsis extra, EC. Results of research into the surface tension of tank mixes indicate an increase in the wetting ability of almost all mixes, with the exception of options Detsis extra, EC, 0.1 l / ha + UAN<sub>32</sub>, 30 l / ha and MeisTer power, OD, 1.0 l / ha + UAN<sub>32</sub>, 30 l / ha + Detsis extra, EC, 0.1 l / ha, which implies an increase in protective properties due to improved fixation of tank mixture on the protected crop.*

*Due to small changes in acidity and rather stable wetting ability over time, it is recommended to use working solutions in the first day after preparation.*

**Key words:** physicochemical compatibility, surface tension, acidity, Titus 25 % DFS (dry flowable suspension), Suncor WDG (water dispersible granules), MeisTer power OD (oil dispersion), Adengo SC (suspension concentrate), AG-STI-500 (SC), Sulcotrek SC, Dialen super WS (water solution) and UAN (urea ammonium nitrate), Detsis extra EC (emulsion concentrate).

### **Введение**

Современное сельское хозяйство для получения высоких и стабильных урожаев подразумевает обязательное использование гербицидов, что в свою очередь подразумевает их влияние на окружающую среду.

Одним из наиболее вероятных путей избежания данного негативного последствия является использование баковых смесей, которые не только существенно замедляют появление резистентности к препаратам, но и позволяют снизить нормы расхода препарата и количество обработок, число проходов агрегата по полю [1, 2].

Но вместе с тем применение пестицидов в виде баковых смесей может быть сопряжено с риском повреждения защищаемой культуры из-за химической или физической несовместимости компонентов [3, 4], либо повышения эффективности с образованием новых продуктов [5]. Именно поэтому совместное использование пестицидов и агрохимикатов возможно только после исследований по физико-химической совместимости компонентов в смесях для того, чтобы избежать процесса снижения биологической эффективности полученной смеси и образования более токсичных соединений [6, 7, 8].

По мнению ряда авторов, баковые смеси жидких азотных удобрений и гербицидов обладают ярко выраженным эффектом синергизма, с повышением токсичности гербицидов [9, 10].

Германский опыт говорит о применении до 150 л/га жидкого КАС совместно с гербицидами [10].

В наших условиях норма расхода КАС значительно меньше.

Цель исследований – определить возможность применения гербицидов совместно с КАС и некоторыми другими агрохимикатами в посевах кукурузы на зерно.

#### Основная часть

Лабораторные опыты по физико-химической совместимости были проведены в 2014–2019 гг. на кафедре защиты растений УО БГСХА [11]. Для получения рабочего раствора в концентрации, необходимой для обработки посевов, требуемое количество препарата рассчитывали на 500 мл, вносили пестицид, перемешивали при помощи лабораторной мешалки, добавляли следующий препарат, доливали водой до 500 мл, перемешивали и определяли физико-химические характеристики раствора через 20 мин. после приготовления, через 4 и 24 ч. Стабильность растворов определяли визуально по наличию осадка, расслоений, свертыванию растворов, выделению газов. Измерение температуры контролировали термометром, кислотности растворов – Ph-метром И-130.2М.1. Поверхностное натяжение растворов определяли сталагмометром при температуре 20 °С. Эталонном для сравнения служила дистиллированная вода, обладающая высоким поверхностным натяжением.

При этом следует помнить, что приготовление баковых смесей не сводится к простому смешиванию выбранных компонентов. Ассортимент химических средств защиты растений на рынке постоянно обновляется и расширяется. Несмотря на то, что большинство ядохимикатов нового поколения являются идеальными компонентами для баковых смесей, в каждом конкретном случае отказываться от предыдущей проверки препаратов на совместимость и оценку фитотоксичности полученной смеси нельзя.

Результаты исследований физико-химических параметров препаратов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-химические параметры растворов препаратов в чистом виде

Вариант	Пенообразование			Наличие осадка			Поверхностное натяжение, дин/см			Кислотность pH		
	20 мин	4 ч	24 ч	20 мин	4 ч	24 ч	20 мин	4 ч	24 ч	20 мин	4 ч	24 ч
КАС <sub>32</sub> , 30 л/га	–	–	–	–	–	–	73,6	72,8	70,6	7,79	7,71	7,45
Титус, 25 % с.т.с., 50 г/га	+	–	–	–	–	–	72,1	72,3	73,10	7,78	7,91	8,33
Санкор, ВДГ, 0,25 кг/га	++	–	–	–	–	–	70,1	73,8	69,3	7,38	7,63	7,81
МайсТер Пауэр, МД, 1,0 л/га	++	–	–	–	–	+	33,7	32,1	27,9	8,61	8,44	8,58
Аденго, КС, 0,3 л/га	+	–	–	–	–	–	65,3	66,2	62,3	7,91	7,88	7,93
AG-ST1-500, СК, 1,8 л/га	+++	+	–	–	–	+	60,7	57,9	58,6	6,83	6,75	6,77
Сулкотрек, СК, 1,8 л/га	++	+	–	–	–	–	61,4	58,1	59,4	6,72	6,69	6,75
Диален супер, ВР, 1,0 л/га	+	+	–	–	–	–	71,8	74,2	73,3	6,58	6,41	6,62
Децис экстра, КЭ, 0,1 л/га	++	+	+	–	–	+	41,8	39,1	39,9	8,91	8,69	8,73

Примечание: 1. Поверхностное натяжение дистиллированной воды 72,53 дин/см; 2. + слабое; ++ – среднее; +++ – сильное; – – отсутствует.

Анализируя полученные данные, можно говорить о том, что наличие осадка отмечалось через 24 ч у майсТер пауэра, МД, 1,0 л/га, препарата AG-ST1-500, СК, 1,8 л/га и дециса экстра, КЭ, 0,1 л/га.

При рассмотрении препаратов в чистом виде следует отметить, что поверхностное натяжение КАС<sub>32</sub>, титуса, 25 % с.т.с., 50 г/га, санкора, ВДГ, 0,25 кг/га, диалена супер, ВР, 1,0 л/га близко к значению дистиллированной воды (72,53 дин/см). В вариантах с аденго, КС, 0,3 л/га, AG-ST1-500, СК, 1,8 л/га, сулкотреком, СК, 1,8 л/га поверхностное натяжение ниже, чем у дистиллированной воды, и составляет от 62,2 до 66,2 дин/см у первого препарата, от 57,9 до 60,7 – у второго и от 58,1 до 61,4 дин/см – у третьего. Наименьшим показателем обладает майсТер пауэр, МД, 1,0 л/га. Здесь поверхностное натяжение через 20 мин составило 33,7 дин/см, а с течением времени уменьшалось. Че-

рез 24 ч оно составило 27,9 дин/см, что свидетельствует о повышении смачивающей способности препарата.

Кислотность гербицида майсТер пауэр, МД, 1,0 л/га изменялась с течением времени в сторону подщелачивания на 0,03 единицы. У агрохимиката КАС<sub>32</sub>, 30 л/га, наблюдалась та же тенденция, величина изменения составила 0,34 единицы.

В вариантах АG-ST1-500, СК, 1,8 л/га и децис экстра, КЭ, 0,1 л/га также отмечается снижение кислотности на 0,06 и 0,18 единиц соответственно. Повышение кислотности наблюдалось в вариантах титус, 25 % с.т.с., 50 г/га, санкор, ВДГ, 0,25 кг/га, диален супер, ВР, 1,0 л/га. Так, через 24 ч у первого препарата кислотность увеличилась до 8,33, у второго – до 7,81, у третьего – 6,62.

У гербицидов аденго, КС и сулкотрек, СК изменение кислотности раствора было через 24 ч незначительным и составило 0,02–0,03 единицы.

Проведя анализ физико-химических параметров растворов препаратов в смеси с КАСом, необходимо отметить, что в вариантах майсТер пауэр, МД, 1,0 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га и децис экстра, КЭ + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га слабое пенообразование присутствовало на протяжении всего времени испытания (табл. 2).

Следует отметить, что усиленное пенообразование по сравнению с исходными компонентами препаратов может свидетельствовать о том, что данная полученная смесь несовместима.

Например, в варианте санкор, ВДГ, 0,25 кг/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га на протяжении первых 20 мин после смешивания наблюдается большое пенообразование, но в последующем данный показатель приходит к слабому значению.

Как положительный эффект следует отметить уменьшение пенообразования по сравнению с исходными компонентами препаратов в вариантах титус, 25 % с.т.с., 50 г/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га; АG-ST1-500, СК, 1,8 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га; сулкотрек, СК, 1,8 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га; диален супер, ВР, 1,0 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га.

Таблица 2. Физико-химические параметры растворов препаратов в смеси с КАС

Вариант	Пенообразование			Наличие осадка			Поверхностное натяжение, дин/см			Кислотность pH		
	20 мин	4 ч	24 ч	20 мин	4 ч	24 ч	20 мин	4 ч	24 ч	20 мин	4 ч	24 ч
Титус, 25 % с.т.с., 50 г/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га	–	–	–	–	–	–	72,3	71,5	71,7	7,55	7,48	7,50
Санкор, ВДГ, 0,25 кг/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га	+++	+	+	–	–	–	62,3	60,9	61,3	7,37	7,33	7,31
МайсТер пауэр, МД, 1,0 л/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га	+	+	+	–	–	+	28,9	29,2	29,1	7,51	7,43	7,39
Аденго, КС, 0,3 л/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га	+	–	–	–	–	–	59,0	58,5	58,6	7,21	7,38	7,26
АG-ST1-500, СК, 1,8 л/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га	+	–	–	–	–	+	50,3	54,0	53,2	6,63	6,50	6,61
Сулкотрек, СК, 1,8 л/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га	+	–	–	–	–	–	51,7	53,3	54,2	6,23	6,35	6,49
Диален супер, ВР, 1,0 л/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га	+	–	–	–	–	–	65,5	63,2	64,6	6,25	6,31	6,28
Децис экстра, КЭ, 0,1 л/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га	+	+	+	–	–	+	57,7	55,9	55,3	8,35	8,23	8,09

Примечание: 1. Поверхностное натяжение дистиллированной воды 72,53 дин/см; 2. + – слабое; ++ – среднее; +++ – сильное; – – отсутствует.

Рассматривая показатель поверхностного натяжения баковых смесей, необходимо отметить снижение поверхностного натяжения практически у всех вариантов, что говорит о повышении смачивающей способности данных растворов. Исключение составляет вариант децис экстра, КЭ, 0,1 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га, где отмечалось значительное увеличение поверхностного натяжения (на 15,9 дин/см) по сравнению с эталонным раствором. Лучшие показатели снижения поверхностного натяжения были отмечены у вариантов санкор, ВДГ, 0,25 кг/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га и АG-ST1-500, СК, 1,8 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га. Этот показатель через 20 мин изменялся от 7,8 до 10,4 соответственно по сравнению с вариантами данных гербицидов в чистом виде (табл. 3.1). С течением времени у всех исследуемых баковых смесей наблюдается тенденция повышения поверхностного натяжения, что говорит о необходимости их использования в первые часы после их приготовления.

При смешивании препаратов с КАС наблюдается сдвиг реакции среды во всех вариантах в сторону подщелачивания в сравнении с эталонными вариантами. Наибольшее изменение в сторону щелочной среды отмечалось в варианте майсТер пауэр, МД, 1,0 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га, которое составило

0,12 единицы, наименьшее – в варианте санкор, ВДГ, 0,25 кг/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га (0,06). Колебания изменения кислотности у остальных вариантов колебалось от 0,02 единицы у АG-ST1-500, СК, 1,8 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га до 0,26 единицы – у сулкотрека, СК, 1,8 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га. При замерах кислотности через 4 и 24 ч практически во всех вариантах наблюдается изменение в сторону подщелачивания. Исключение составляют варианты аденго, КС, 0,3 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га, АG-ST1-500, СК, 1,8 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га, сулкотрек, СК, 1,8 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га, диален супер, ВР, 1,0 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га, имеющие кислую реакцию.

Так как сроки заселения кукурузы шведской мухой могут совпадать с периодом проведения обработок против сорной растительности и внесения КАС, проводилась проверка баковой смеси совместно с децисом экстра, а также была произведена проверка смешиваемости сулкотрекса, СК и диалена супер, ВР.

При оценке пенообразования у смесей гербицид +КАС +инсектицид, гербицид + гербицид следует отметить слабое образование пены во всех исследуемых вариантах на протяжении всего времени испытания (таблица 3).

Осадок через 24 ч в слабой степени появился в вариантах санкор, ВДГ, 0,25 кг/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га; аденго, КС, 0,3 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га. В средней степени осадок отмечен в варианте АG-ST1-500, СК, 1,8 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га. В остальных вариантах осадка не наблюдалось.

Поверхностное натяжение заметно снизилось практически у всех вариантов по сравнению с вариантами, где препараты изучались в чистом виде. Исключение составляют варианты майсТер пауэр, МД, 1,0 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га и сулкотрек, СК, 1,8 л/га + диален супер, ВР, 1,0 л/га.

Таблица 3. Физико-химические параметры растворов препаратов в смеси гербицид + КАС + инсектицид, гербицид + гербицид

Вариант	Пенообразование			Наличие осадка			Поверхностное натяжение, дин/см			Кислотность pH		
	20 мин	4 ч	24 ч	20 мин	4 ч	24 ч	20 мин	4 ч	24 ч	20 мин	4 ч	24 ч
Титус, 25 % с.т.с., 50 г/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га	+	+	+	-	-	-	31,8	32,9	33,2	7,40	7,36	7,42
Санкор, ВДГ, 0,25 кг/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га	+	+	+	-	-	+	34,1	31,9	32,4	7,09	7,11	7,14
МайсТер Пауэр, МД, 1,0 л/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га	+	+	+	-	-	-	33,1	39,4	32,7	7,37	7,33	7,41
Аденго, КС, 0,3 л/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га	+	+	+	-	-	+	31,6	33,1	31,6	7,13	7,10	7,16
АG-ST1-500, СК, 1,8 л/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га	-	+	+	-	-	++	32,9	34,3	34,1	6,61	6,58	6,60
Сулкотрек, СК, 1,8 л/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га	+	+	+	-	-	-	32,6	34,6	33,7	6,53	6,57	6,79
Диален супер, ВР, 1,0 л/га + КАС <sub>32</sub> , 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га	+	+	+	-	-	-	38,6	39,3	39,5	6,57	6,51	6,59
Сулкотрек, СК, 1,8 л/га + диален супер, ВР, 1,0 л/га	-	+	+	-	-	-	65,5	63,8	65,7	6,71	6,73	6,75

Примечание: 1. Поверхностное натяжение дистиллированной воды 72,53 дин/см; 2. + – слабое; ++ – среднее; +++ – сильное; – – отсутствует.

Величина снижения поверхностного натяжения колебалась от 28 единиц в варианте АG-ST1-500, СК, 1,8 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га до 40 единиц в смеси титус, 25 % с.т.с., 50 г/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га, что свидетельствует о гораздо лучшей смачивающей способности смесей гербицид + КАС + инсектицид по сравнению с эталонными вариантами. С течением времени поверхностное натяжение баковых смесей менялось не значительно. Колебания составили от 1 до 3 единиц.

Поверхностное натяжение баковой смеси сулкотрек, СК, 1,8 л/га + диален супер, ВР, 1,0 л/га было ниже диалена, ВР, но несколько больше сулкотрека, СК в эталонном варианте.

Кислотность во всех исследуемых вариантах имела сдвиг в сторону щелочной среды по сравнению с эталонными вариантами. Максимальный сдвиг (на 1,2 единицы) отмечен в варианте майсТер пауэр, МД, 1,0 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га, а минимальный – диален супер, ВР, 1,0 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га.

Баковая смесь сулкотрек, СК, 1,8 л/га + диален супер, ВР, 1,0 л/га с течением времени незначительно изменяла свою кислотность – с 6,71 через 20 мин до 6,75 через 24 ч.

### **Заключение**

1. Проведенные исследования показали возможность физико-химической совместимости пестицидов для применения в посевах кукурузы в борьбе с сорными растениями и вредителями одновременно с подкормкой растений КАСом.

2. Результаты исследований по изучению поверхностного натяжения баковых смесей свидетельствуют о повышении смачивающей способности практически всех смесей, за исключением вариантов децис экстра, КЭ, 0,1 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га и майсТер пауэр, МД, 1,0 л/га + КАС<sub>32</sub>, 30 л/га + децис экстра, КЭ, 0,1 л/га, что предполагает увеличение защитных свойств ввиду улучшения закрепления баковой смеси на защищаемой культуре.

3. В связи с небольшими изменениями кислотности и довольно стабильной с течением времени смачивающей способности рекомендуется применение рабочих растворов в первые сутки после приготовления.

4. При использовании баковой смеси на вторые сутки после приготовления необходимо ее тщательное перемешивание, а при проведении работ по внесению – постоянно включенная мешалка в баке опрыскивателя.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Сорока, С. В. Эффективность баковых смесей гербицидов почвенного действия с гербицидами других групп в посевах озимых зерновых культур / С. В. Сорока, Л. И. Сорока, Н. В. Кобзарь // Сб. науч. тр. / Ин-т защиты растений НАН Беларуси. – Минск, 2017. – Вып. 41: Защита растений. – С. 66–81.

2. Туликов, А. М. Сорные растения и борьба с ними / А. М. Туликов. – М.: Московский рабочий, 1982. – 157 с.

3. Гар, К. А. Совместимость пестицидов / К. А. Гар // Защита растений. – 1980. – № 9. – С. 33–36.

4. Mrowczynski, M. Tendencje i perspektywy łącznego stosowania agrochemikaliów z uwzględnieniem aspektów ekonomicznych / M. Mrowczynski // Materiały 35 Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roslin. – Poznań, 1998. – S. 27–36.

5. Новожилов, К. В. Проблемы и результаты комплексного использования пестицидов в защите растений / К. В. Новожилов, С. Г. Жуковский // Химический метод защиты сельскохозяйственных растений от грибных болезней: сб. науч. тр. / ВИЗР. – Л., 1985. – С. 14–20.

6. Абеленцев, В. И. Совместимость пестицидов / В. И. Абеленцев, Н. М. Голфшин // Защита растений. – 1973. – № 6. – С. 32–33.

7. Pawlizki, K. H. Einfluss einer Fungizid/Insektizid-Spritzfolge auf die Rückstandsgehalte in Erntegut und Boden / K. H. Pawlizki, W. Rinder // Gesunde Pflanzen. – 1992. – Bd. 44, H. 11. – S. 375–377.

8. Rogalski, L. Wpływ łącznego stosowania insektycydu decis 2,5 EC z roztworem mocznika na charakterystyki agrotechniczne opryskiwania roślin / L. Rogalski // Materiały 33 Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roslin. – Poznań, 1993. – Cz. 1. – S. 171–179.

9. Сорока, С. В. Баковые смеси гербицидов и удобрений в посевах зерновых культур / С. В. Сорока // Защита растений. – 2002. – № 2. – С. 8.

10. Шпаар, Д. Возможность снижения нормы расхода гербицидов: опыт Германии / Д. Шпаар // Защита растений. – 2001. – № 3. – С. 17–19.

11. Хайбуллин, А. И. Физико-химические аспекты совмещения агрохимикатов / А. И. Хайбуллин // Сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т защиты растений. – Минск: Асобны Дах, 1998. – Вып. 22: Защита растений. – С. 135–141.

## NECROSIS OF LEAVES AND FRUITS OF POMEGRANATE BUSHES IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN PART OF AZERBAIJAN

F. A. GULIYEV, L. A. HUSEINOVA

## НЕКРОЗЫ ЛИСТЬЕВ И ПЛОДОВ ГРАНАТОВЫХ КУСТОВ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЗЕРБАЙДЖАНА

Ф. А. ГУЛИЕВ, Л. А. ГУСЕЙНОВА

Ленкоранский региональный научный центр НАН Азербайджана,  
г. Ленкорань, Азербайджан, AZ 4200

(Поступила в редакцию 04.06.2021)

The largest areas of pomegranate plantations are located in the western part of Azerbaijan (Ganja-Kazakh geographic zone). In this regard, the article presents the results of comparative studies of leaf and fruit necrosis of pomegranate bushes in the conditions of the western part of Azerbaijan. Literature data and numerous studies carried out by us on the study of pomegranate diseases have shown that spotting or necrosis of leaves and fruits of pomegranate bushes are found almost everywhere, but they pose a serious danger in the conditions of the western part of Azerbaijan. These diseases not only reduce the number of fruits, but also negatively affect the quality indicators of the fruits. Considering the above, the task of our research included a detailed study of the causative agents of necrosis of pomegranate bushes and the development of scientifically based measures to combat them.

Mycological and phytopathological laboratory studies have established that of the necrosis on pomegranate, the most common and harmful are cercospora (*Cercospora lythracearum* Heald. Et Wolf.), *Phyllosticta punica* Sacc. Et Speg.), Brown spotting (*Alternaria alternata* (Fr.) Keisl.), *pestalotia* (*Pestalotia* sp.) and *nematosporosis* (*Nematospora coryli* Pegl.). The timing of the appearance, the study of the dynamics of the development of causative agents of necrosis, as well as the isolation in pure cultures, microscopic and microbiological studies of phytopathogens were carried out against the background of their natural development according to generally accepted methods. After identifying the causative agents of pomegranate necrosis, studies were carried out to study their prevalence in the western regions of the republic. The influence of different pH environments on the growth and development of fungi was also studied. To establish the incubation period and ways of infection penetration, 1–2-year-old seedlings were artificially infected. In the fight against the spots of pomegranate bushes, the following preparations were tested: 1 % Bordeaux liquid, 0.4 % Selpate, 0.05 % Conazole, 0.05 % Azoxifen.

Thus, the development and improvement of measures to combat necrosis of pomegranate bushes is one of the factors that ensure a high and high-quality harvest of pomegranate.

**Key words:** pomegranate bush; pomegranate disease; necrosis; spotting; cercosporosis; control measures; chemical control method.

Наибольшие площади гранатовых насаждений находятся в западной части Азербайджана (Гянджа-Казахская географическая зона). В связи с этим в статье приведены результаты сравнительных исследований некрозов листьев и плодов гранатовых кустов в условиях западной части Азербайджана. Литературные данные и многочисленные исследования, проведенные нами по изучению болезней граната, показали, что пятнистости или некрозы листьев и плодов гранатовых кустов встречаются почти повсеместно, но серьезную опасность представляют в условиях западной части Азербайджана. Эти болезни не только снижают количество плодов, но и отрицательно сказываются на качественных показателях плодов. Учитывая вышеизложенное, в задачу наших исследований входило детальное изучение возбудителей некрозов гранатовых кустов и разработка научно обоснованных мер борьбы с ними.

Микологическими и фитопатологическими лабораторными исследованиями установлено, что из некрозов на гранате наиболее распространены и вредоносны церкоспороз (*Cercospora lythracearum* Heald. et Wolf.), филлостиктоз (*Phyllosticta punica* Sacc. et Speg.), коричневая пятнистость (*Alternaria alternata* (Fr.) Keisl.), несталоциоз (*Pestalotia* sp.) и нематоспороз (*Nematospora coryli* Pegl.). Учеты сроков появления, изучения динамики развития возбудителей некрозов, а также выделение в чистые культуры, микроскопические и микробиологические исследования фитопатогенов проводили на фоне их естественного развития по общепринятым методикам [12, 13, 14, 15]. После выявления возбудителей некрозов граната проводились исследования по изучению распространенности их в западных районах республики. Изучалось также, влияние различных pH сред на рост и развитие грибов. Для установления инкубационного периода и путей проникновения инфекции проводились искусственное заражение 1–2-летних саженцев. В борьбе с пятнистостями гранатовых кустов были испытаны следующие препараты: 1%-ная бордоская жидкость, 0,4%-ный Сельфат, 0,05%-ный Коназол, 0,05%-ный Азоксифен.

Таким образом, разработка и усовершенствование мер борьбы против некрозов гранатовых кустов является одним из факторов, обеспечивающих получение высокого и качественного урожая граната.

**Ключевые слова:** куст граната; болезни граната; некроз; пятнистость; церкоспороз; меры борьбы; метод химического контроля.

### Introduction

The pomegranate belongs to the pomegranate family (*Punicaceae* Horan.), Which has only one genus *Punica* L., which includes two species: the common pomegranate (*Punica granatum* L.) and the Socotran pomegranate (*Punica protopunica* Belf.) [1, 2, 3]. Common pomegranate (*Punica granatum* L.) is represented by cultivated and wild forms.

Pomegranate (*Punica L.*) in natural growing conditions is a small tree or large shrub up to 3–5 m in height, with a curved trunk and a highly branched crown (Fig. 1.).

Pomegranate (*Punica L.*) is a valuable subtropical fruit crop. Pomegranate (*Punica L.*) is cultivated mainly as a fruit crop, but can also be used for medicinal, technical and decorative purposes. Considering the great value of this crop, the production and raw material bases of commercial pomegranate growing in Azerbaijan are expanding.



Fig. 1. Pomegranate bush

Pomegranate fruits contain organic acids, mineral salts, tannins, sugars and many vitamins that have a beneficial effect on humans: they improve digestion, metabolism and the state of the cardiovascular system, enhance the secretion of enzymes, and increase hematopoiesis.

Regular consumption of pomegranate fruit is a guarantee of good health and longevity [4, 5, 6, 7, 8].

The fruits of the best varieties of pomegranate are used as a dessert and for processing into juices. Fruits of low-value varieties and wild pomegranate are processed into citric acid and vinegar.

The juice of ripe fruits of cultivated forms of pomegranate contains 12–19 % sugars and 0.3–3.0 % acids.

Sugars are mainly represented by glucose and fructose in approximately equal amounts; the sucrose content is negligible. Of the acids, there is mainly citric acid and, in small quantities, tartaric and malic acids. In the juice of fruits of wild-growing and some cultivated forms, the content of sugars can be 8–10 %, acids 5–7 %.

Pomegranate juice contains a number of physiologically active substances, including ascorbic (5–12 mg%) and folic (0.04–0.08 mg%) acids, P-active catechins and leucoanthocyanins (26–6 mg%), which have P-vitamin activity of anthocyanins (150–200 mg%), thiamine or vitamin B1 (0.004–0.036 mg%) and riboflavin or vitamin B2 (0.032–0.27 mg%). In addition, the composition of pomegranate juice includes tannins (1.0–1.1 %) and pectin (0.1–0.3 %) substances, minor amounts of various compounds of calcium, potassium, iron, phosphorus and other elements; ash content 0.3–0.5 % [9, 10].

Pomegranate (*Punica L.*) grows in a wide strip – from 41° C. sh. up to 41° S sh. Large areas of pomegranates (*Punica L.*) occupies in Spain, Portugal, Greece, Italy, Israel, Egypt, Northern

America, Australia, Turkey, Azerbaijan, India, China, Iran, Afghanistan and Pakistan. The main exporters of pomegranates are the USA, Spain, Israel, Turkey, Azerbaijan. World production of pomegranate fruits is about 1 million tons, of which 75 % is in Asia.

Currently, pomegranate in the territory of the former USSR is cultivated in the open field in Azerbaijan, Georgia, Dagestan, Crimea, Turkmenistan. In Uzbekistan and Tajikistan, mainly with digging for the winter. The population of the republics of Central Asia and Transcaucasia is showing great interest in this culture - they are laying new gardens, improving agricultural techniques for caring for plantings in order to get the largest possible harvests.

On the territory of the former Soviet Union, the largest thickets of wild-growing pomegranate are located in the Eastern Transcaucasia (Azerbaijan).

Azerbaijan has a fairly large assortment of local varieties of pomegranates: Krmyzy kabukh, Gyulosh red or Azeri, Gyulosh pink, Gulosha Agdam, Gulosha iridane, Gulosha Nyuvyadinskaya, Shah nar, Shirin nar, Nazik kabukh, Bala Myursal, Kara Bala Myursal, Gyulosh Kursal, Apsherjar nary, Azerbaijan, Shelley melesi, Shirvan, Meikhosh, Veles, VIR № 1, Iridane, Farash, Lenkoran pioneer, Ganja kyrmyzy kabukh, Ganja shirin nar, etc. (Fig. 2, 3, 4, 5).



Fig. 2–3. Variety Pink Gulosha



Fig. 4–5. Variety Krmyzy kabukh

There are no varieties with complex resistance to adverse factors, diseases and pests, suitable for mechanized harvesting [19, 20]. Pomegranate (*Punica* L.), like other cultivated plants, is susceptible to various diseases. Numerous diseases are characteristic of pomegranate bushes. And it depends mainly on the natural and climatic conditions of a particular ecological and geographical zone. The most common and harmful diseases of pomegranate bushes in the conditions of the western part of Azerbaijan are spotted (*Cercospora lythracearum* Heald. Et Wolf., *Phyllosticta punicae* Sacc. Et Speg., Nematosporosis-*Nematospora coryestalo* Pel. Pegl. Hussin., *Pestalotia fragilis* Kleb., Common brown spot-*Alternaria alternata* (Fr.) Keisl.).

What is spotting? Spots or necrosis, appear in the form of areas of dead tissue on the affected organs of the plant – leaves, fruits, trunk. The spots can be of different shapes – round, angular, elongated. If tissue death occurs on the leaves, then the spots can take on an angular shape in accordance with the location of the veins. The most common is the rounded form of spotting. The origin of stains can be caused by two reasons. The first is tissue death as a result of its colonization by the pathogen. In this case, the dying cells in the aggregate constitute a piece of tissue visible to the naked eye. The second reason is the death of plant cells during the plant's defense reaction to the introduction of a pathogen. In this case, the spots are smaller than when the tissue is colonized by the pathogen. Spotting is characteristic of mycoses, bacterioses, viroses [13, 14, 15].

At present, cercospora (*Cercospora lythracearum* Heald. Et Wolf.) Occupies an almost leading place among the necrosis of pomegranate bushes in the western part of Azerbaijan.

The aim of the study was to study the spread and development of the intensity of cercospora in the western regions of the republic and to develop an effective system of protective measures against the disease.

Thus, in order to achieve this goal, it was supposed to solve the following tasks:

1. Identify the main environmental factors contributing to the widespread spread of cercosporosis;
2. To study the biological characteristics of the fungus *Cercospora lythracearum* Heald. et Wolf. (the causative agent of cercospora);
3. To study the varietal resistance of some varieties of pomegranate (Krmzyzy kabukh and Pink gyulosha) to cercosporosis;
4. To develop measures to combat the causative agent of cercospora;
5. Establish the cost-effectiveness of the recommended protection measures.

### Main part

Mycological surveys of pomegranate orchards were carried out in Goranboy, Shamkir and Kazakh regions (western part of Azerbaijan) in 2018–2020. The survey method consisted in a systematic inspection of pomegranate plantations. Fruits and leaves of pomegranate bushes were examined. Herbarium samples were collected. Microscopic analyzes of the collected biological material were carried out in the Central Phytosanitary Laboratory of the Azerbaijan Institute for Food Safety. All microscopic studies were performed on fresh plant material. Because, for analysis, it is better to take tissues with the initial stage of the development of diseases, since at the later stages they are often colonized by saprotrophic microorganisms, which under a microscope cannot be distinguished from phytopathogenic ones. Phytopathogenic fungi were determined mainly by the morphological characteristics of fruit bodies and spores. Spores were diagnosed by color, shape, size, presence of septa and type of germination. Identification of phytopathogenic fungi in culture (in vitro) was carried out by asexual sporulation – sporangia with zoospores, conidia, pycnidia with pycnospores, chlamydospores, etc. Additionally, conidiophores were used for diagnostics, as well as special mycelium formations (buckles, anastomoses, sclerotia, etc.).

As already noted, the largest areas of pomegranate plantations are located in the western part of Azerbaijan (Ganja-Kazakh geographic zone). The paper presents the results of the study of cercospora (*Cercospora lythracearum* Heald et Wolf.) Found in the western part of Azerbaijan (Table 1).

Table 1. Comparative assessment of necrosis of pomegranate bushes found in the western part of Azerbaijan (Goranboy region, pomegranate garden, 2018–2020)

Diseases	The etiology of the disease	Affected organs	Source of infection	Monitored months				
				VI	VII	VIII	IX	X
Cercosporosis ( <i>Cercospora lythracearum</i> Heald. et Wolf.)	Mycosis	Leaves and fruits	Affected leaves and fruits	+	+	+	+	+
Nematosporensis ( <i>Nematospora coryli</i> Pegl.)	Mycosis	Only fruits	Affected fruits	–	–	+	+	+
Pestalociosis ( <i>Pestalotia</i> sp.)	Mycosis	Only leaves	Affected fallen leaves	+	+	+	+	+
Phylostictosis or brown spotting ( <i>Phyllosticta punicae</i> Sacc. et Speg.)	Mycosis	Only fruits	Affected fallen fruits	+	+	+	+	+
Common brown spot ( <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keisl.)	Mycosis	Leaves, fruits, stalks, ovaries	Affected plant organs, fallen leaves and ovaries	+	+	+	+	+

Cercospora is found mainly on leaves and fruits. Numerous, small, round or irregular, dark brown or brown spots are formed on the leaves. Later, the leaves turn yellow and fall off. Analyzes of experimental studies have established that infected fruits are initially covered with small, rounded or irregularly shaped, warty spots. They are dark brown or dark brown in color with a lighter halo. Then the spots grow, merge and discolor a significant part of the fruit. Unlike anthracnose or scab, the affected tissue does not crack.

In wet weather, a velvety bloom forms on the surface of the spots (conidial sporulation of the fungus).

Laboratory studies have established that the causative agent of cercospora is the imperfect mushroom *Cercospora lythracearum* Heald. et Wolf. from the order Hyphomycetales. It forms an intercellular mycelium, and on the surface of the affected tissue, conidiophores with conidia. Conidiophores are light brown or almost colorless, geniculate, arranged in bundles, 20-30x3 microns in size. Conidia are colorless, filamentous or clavate, with 2–5 septa, 30-56x3-3.5 microns in size.

In the marsupial stage, the fungus is called *Mycosphaerella lythracearum* Wolf. and it belongs to the order of the *Dothideales*. On the affected fallen leaves, the pathogen forms pseudothecia. They are dark brown

or black, 75–95 microns in diameter. Bags are cylindrical, without paraphysis, 42-50x6.5-8 microns in size. Each bursa contains eight colorless bicellular ascospores, 11-14x2.7-3.5 µm in size, arranged in two rows [11, 12].

Primary plant infection is carried out by ascospores, and repeated by conidia.

In the fight against cercospora (*Cercospora lythracearum* Heald. Et Wolf.) Of pomegranate, both sanitary and hygienic, agrotechnical and chemical measures are significant [16, 17, 18].

The effectiveness of sanitary and hygienic and agrotechnical measures has been established (pruning dry branches, harvesting fallen and mummified fruits, cultivating the soil around the bush, adding superphosphate to the soil, cleaning wounds and coating with iron vitriol, etc.), which reduce the spread and development of cercosporosis, as well as zithiasis. fruit rot and anthracnose or scab.

Of the chemical measures, good results were obtained with respect to cercosporaemia by three spraying with 0,4 % Selphat, as well as 0,05 % Conazol. 1 % Bordeaux liquid was taken as a standard. Spraying was carried out in 3 terms.

### Conclusion

The system of protective measures can be effective only with a combination of organizational and economic, phytosanitary, agrotechnical, seed-breeding, physical, biological, chemical and other measures:

1. Compliance with agrotechnical and sanitary-preventive measures to prevent infection. These include: soil drainage, regular inter-row cultivation and loosening of the soil around trees, moderate watering, crown thinning, cutting of dead branches or dead trees and shrubs, collection and destruction of fallen fruits, flowers, ovaries, etc.;

2. In the fight against diseases, one of the leading places is occupied by the introduction of resistant varieties into production. The identified varieties that are relatively resistant to cercosporosis are of great national economic importance. In the protection of pomegranate bushes from diseases, the role of variety change is essential. Therefore, the development, creation and introduction into production of resistant varieties, taking into account zonal, racial and other characteristics, is relevant. Thus, the creation and regionalization of highly disease-resistant pomegranate varieties is of paramount importance;

3. Increasing plant resistance by strict adherence to agrotechnical methods: the optimal planting density is 5-4x5-3 m, which corresponds to the placement of 500–660 plants per 1 hectare (in dry subtropics, the planting pattern of 3x2.5 and 4x2 m ensures normal growth and development of pomegranate, high yield, good quality of fruits and high economic efficiency of its cultivation), placement of plantations only in well-ventilated areas, timely control of weeds, etc. Destruction of sources of primary infection (affected shoots, fallen leaves, ovary and fruits);

4. Spraying the pomegranate with 1 % Bordeaux liquid and other preparations replacing it during the budding period, after the first petals have fallen off and 15–20 days after the second;

The chemical method plays an important role in protecting the pomegranate from disease. It is based on the use of fungicides, organic and inorganic compounds that are toxic to phytopathogens. The success of the use of various drugs is ensured by the methods of their introduction, technical means, concentration, terms of application. Pesticides can be used when all other measures have not led to the desired result and there is confidence in achieving high technical efficiency of 95–100 %.

5. Spraying pomegranate when the first signs of cercosporosis appear and again every 10–15 days (if necessary) with one of the following drugs: 1 % Bordeaux liquid, 0,4 % Selphate, 0,05 % Conazole, 0,05 % Azoxifen.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Quliyev, F. A., Hüseynova L. A. Nar bitkisinin çürümə mənsəli xəstəlikləri və onlara qarşı mübarizə üsulları/Azərbaycan Coğrafiya Cəmiyyətinin əsərləri, «Coğrafiya və Təbii Resurslar» jurnalı, №2(12), 2020, 86–91 s.

2. Hüseynova, L. A. Nar bitkisinin əsas xəstəlikləri və onlarla mübarizə tədbirləri/AMEA-nın Gəncə bölməsinin Xəbərlər məcmuəsi, №3, 2018, S. 118–122.

3. Quliyev, F. A., Hüseynova L. A. Gəncə-Qazax coğrafi bölgəsində nar bitkisinin əsas xəstəlikləri ilə mübarizədə davamlı sortların rolu/«Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetinin Xəbərləri» jurnalı, 2020(4), 5–16 s.

4. Гулиев, Ф. А. Видовой состав возбудителей болезней граната в Гянджа-Казахской географической зоне и усовершенствование мер борьбы с основными их них / Ф. А. Гулиев, Л. А. Гусейнова // Пермский Аграрный Вестник №3(31). – 2020. – 39–51 с.

5. Гулиев, Ф. А. Фитопатологическая экспертиза гранатовых садов в западной части Азербайджана / Ф. А. Гулиев, Л. А. Гусейнова // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Наука и Образование в современном мире: Вызовы XXI века». – Казахстан, 2020. – 60–68 с.

6. Гусейнова, Л. А. Фунгициды для защиты граната от комплекса фитопатогенов / Л. А. Гусейнова // Глобальная наука и инновации. – 2020. – № 5. – 31–35 с.

7. Гулиев, Ф. А. Основные вредители гранатовых кустов в условиях западной части Азербайджана и меры борьбы с ними / Ф. А. Гулиев, Л. А. Гусейнова // Глобальная наука и инновации. – 2020. – № 5. – 10–15 с.
8. Гулиев, Ф. А. Паразитные грибы гранатовых кустов в западной части Азербайджана / Ф. А. Гулиев, Л. А. Гусейнова // Научный сборник Института Виноградарство и виноделия. – 2020. – Выпуск 57. – 35–46 с.
9. Гулиев, Ф. А. Зитиозная плодовая гниль гранатовых кустов в западной части Азербайджана / Ф. А. Гулиев, М. М. Гурбанов, Л. А. Гусейнова // Вестник ИжГСХА. – 2020. – №4(64). – 19–30 с.
10. Гулиев, Ф. А. Влияние отдельных агротехнических мероприятий на пораженность растений граната фомозом или раком ветвей в условиях Гянджа-Казахской географической зоны / Ф. А. Гулиев, Л. А. Гусейнова // Глобальная наука и инновации 2021. – Казахстан, 2021. – 15–20 с.
11. Гулиев, Ф. А. Современные фунгициды для интегрированных систем защиты гранатовых кустов от комплекса фитопатогенов в западной части Азербайджана / Ф. А. Гулиев, Л. А. Гусейнова // Аграрная наука. – 2020(2). – 50–58 с.
12. Гарибова, Л. В. Основы микологии: Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов / Л. В. Гарибова, С. Н. Лекомцева. – М.: «Товарищество научных изданий КМК», 2005. – 218 с.
13. Дьяков, Ю. Т. Фундаментальная фитопатология / Ю. Т. Дьяков. – М.: «Красанд», 2012. – 500 с.
14. Хохряков, М. К. Методические указания по экспериментальному изучению фитопатогенных грибов / М. К. Хохряков. – Л.: «Колос», 1976. – 72 с.
15. Билай, В. И. Методы экспериментальной микологии / В. И. Билай. – Киев: «Наукова думка», 1982. – 438 с.
16. Билай, В. И. Микроорганизмы-возбудители болезней растений / В. И. Билай, Р. И. Гвоздык, С. В. Скрипаль. – Киев: «Наукова думка», 1988. – 497 с.
17. Чулкина, В. А. Агротехнический метод защиты растений / В. А. Чулкина. – Новосибирск: «ЮКЭА», 2000. – 65 с.
18. Захарычев, В. В. Грибы и фунгициды / В. В. Захарычев. – М.: «Лань», 2019, 69 с.
19. Guliyev, F. A., Huseinova L. A. The main disease of pomegranate in chestnut (gray-brown) of Azerbaijan/Kherson State Agrarian University, «The impact of climate change on spatial development of Earth's territories: implications and solutions», 2020, 89–94 p.
20. Guliyev, F. A., Huseinova L. A. Improvement in the system of protective measures against diseases on pomegranate plantations in Azerbaijan / «Magarach viticulture and winemaking», 2021(1), 49–54 p.

## ОСОБЕННОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ВЫСОТЫ РАСТЕНИЙ КОРОТКОСТЕБЕЛЬНЫХ ГИБРИДОВ ЯРОВОГО РАПСА

А. Н. ПАВЛОВСКАЯ, Я. Э. ПИЛЮК, О. А. ПИКУН, А. В. БАКАНОВСКАЯ

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,  
г. Жодино, Республика Беларусь, 222164, e-mail: alina.pavlik1996@gmail.com

(Поступила в редакцию 14.06.2021)

В статье представлены результаты исследований по изучению гибридов  $F_1$  ярового рапса, полученных от скрещивания короткостебельных и высокорослых сортов (линий) и образцов, различающихся по происхождению и высоте растений родительских форм. Высота растений в селекции важный признак, так как он связан с устойчивостью к полеганию. Высокорослые сорта обычно являются более продуктивными, но часто позднеспелые. Наилучшим для ярового рапса является сочетание таких показателей, как низкорослость, раннеспелость и продуктивность. При использовании короткостебельных образцов №С62/67 и №20А-2 созданы низкорослые гибриды с высотой растений от 92,9 до 99,5 см, которые можно использовать в гетерозисной селекции. По признаку «высота растений» получен максимальный положительный истинный гетерозис (19,02 %) в комбинации Топаз х 20А-2. В прямых и обратных скрещиваниях низкорослых образцов между собой степень доминирования ( $hp$ ) этого признака составила от  $-2,91$  до  $3,50$ . Высота растений короткостебельных гибридов  $F_1$  ярового рапса имеет положительную корреляционную связь средней степени с высотой ветвления ( $r=0,68$ ), количеством стручков на растении ( $r=0,53$ ) и диаметром корневой шейки ( $r=0,54$ ). При использовании в скрещиваниях короткостебельных родительских форм выделены низкорослые линии, которые следует использовать в селекционном процессе для повышения устойчивости сортов и гибридов ярового рапса к полеганию. Метеорологические условия в период исследований существенно отличались от среднесезонных показателей как по температурному режиму, так и по количеству атмосферных осадков и были удовлетворительными для роста растений, формирования семян ярового рапса.

**Ключевые слова:** яровой рапс, короткостебельность, высота растений, родительские формы, полегание, наследование, степень доминирования, истинный и конкурсный гетерозис.

The article presents results of research into  $F_1$  hybrids of spring rape obtained from crossing short-stemmed and tall varieties (lines) and samples differing in origin and height of plants of parental forms. Plant height in breeding is an important trait, since it is associated with lodging resistance. Tall varieties are usually more productive, but often late maturing. The best combination for spring rape is a combination of such indicators as short stature, early maturity and productivity. With the use of short-stemmed samples No. S62/67 and No. 20A-2, undersized hybrids with plant heights from 92.9 to 99.5 cm were created, which can be used in heterotic breeding. According to the "plant height" trait, the maximum positive true heterosis (19.02 %) was obtained in the combination Topaz x 20A-2. In direct and reverse crosses of undersized specimens with each other, the degree of dominance ( $hp$ ) of this trait ranged from  $-2.91$  to  $3.50$ . The height of plants of short-stemmed  $F_1$  hybrids of spring rape has a medium positive correlation with the branching height ( $r = 0.68$ ), the number of pods per plant ( $r = 0.53$ ) and the diameter of the root collar ( $r = 0.54$ ). When short-stemmed parental forms were used in crosses, undersized lines were identified, which should be used in the breeding process to increase the resistance of varieties and hybrids of spring rape to lodging. The meteorological conditions during the study period significantly differed from the average long-term indicators both in temperature and in the amount of atmospheric precipitation and were satisfactory for plant growth and the formation of spring rape seeds.

**Key words:** spring rape, short stems, plant height, parental forms, lodging, inheritance, degree of dominance, true and competitive heterosis.

### Введение

Рапс является основной масличной культурой Республики Беларусь и многих стран мира, используемой как на пищевые, так и на кормовые цели. В маслосеменах ярового рапса содержится 20–28 % кормового белка и 40–50 % масла [1]. Применение в пищевой отрасли промышленности масла обусловлено оптимальным составом в нем жирных кислот, сбалансированностью белков по аминокислотному составу, а также устойчивостью к окислительным процессам [2]. Низкорослые формы имеют преимущество перед высокорослыми растениями как более устойчивые к полеганию в условиях достаточного увлажнения. В связи с этим актуальным остаётся создание и подбор устойчивых к полеганию сортов, адаптированных к конкретным условиям среды.

Цель наших исследований – изучить особенности наследования высоты растений короткостебельных гибридов ярового рапса.

Повышение продуктивности сортов ярового рапса в производстве является одной из основных проблем селекции этой культуры и стабилизации производства маслосемян в Беларуси. По мере повышения продуктивности пахотных земель и применения высоких доз минеральных удобрений, появилось противоречие между производительной способностью поля и устойчивостью посевов к полеганию В. П. Самсонов [3]. Решение этой проблемы весьма не просто, так как само по себе явление полегания является результатом действия многих факторов. Высокие дозы азотных удобрений, недостаточное количество органических, завышенные нормы высева являются основными агротехническими факторами, вызывающими полегание [4]. Исследованиями многих ученых установлено, что при усилении азотного питания в посевах ухудшается световой режим, удлиняется стебель, замедляется формирование механических тканей, что ведет к полеганию посевов и ухудшению качества продукции. Влияние метеорологических условий, в особенности из-

бытка влаги во время цветения, приводящего к полеганию, имеет место и у ярового рапса. В начале селекционного процесса ярового рапса (1986–94 гг.) многие сорта этой культуры, интродуцированные в этот период в республику, отличались крайне низкой устойчивостью к полеганию (2–3 балла), что, наряду с неустойчивостью к осыпанию и болезням, надолго явилось серьезным препятствием для их широкого внедрения в производство. По мнению Н. И. Вавилова, успех селекционной работы во многом определяется исходным материалом [5]. Изучение мирового сортимента рапса показало, что прогресс в селекции этой культуры невозможен без использования достижений, созданных трудом многих селекционеров мира. Суммирование экспериментальных данных и анализ причин, вызывающих полегание, дает основание считать, что оно – генетически обусловленное свойство, проявляющееся в виде реакции сорта на конкретные условия роста. В борьбе с полеганием ведущая роль должна принадлежать селекции, агротехника же призвана обеспечивать оптимальные условия возделывания культуры [6]. Одной из причин, снижающих эффективность получения высоких и стабильных урожаев, является полегание посевов. Изучение зависимости высоты растений от генетических особенностей образцов ярового рапса и условий среды даст возможность более целенаправленно подбирать и использовать в селекции исходный материал.

#### **Основная часть**

Исследования проводились на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2019–2020 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая, слабоподзоленная, развивающаяся на легком суглинке, подстилаемом мореной со следующей характеристикой пахотного слоя: гумус (по Тюрину) – 2,01–2,36 %; рН (в KCL) – 6,03–6,21 %; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 202–243 мг/кг; K<sub>2</sub>O – 217–251 мг/кг почвы (по Кирсанову). Предшественник – гречиха. Объектом исследований служили гибридные комбинации F<sub>1</sub>, полученные от скрещивания и различающиеся по высоте растений родительских форм по диаллельной схеме.

Посев гибридов проводили по методу Гриффинга [7], в качестве исходного материала использовали сорта (линии) и образцы ярового рапса отечественной селекции, обладающие донорными качествами с комплексом ценных признаков и свойств. Выделены образцы различного эколого-географического происхождения, созданные в отделе масличных культур, полученные из генбанка РБ (по обмену), в результате научно-технического сотрудничества с селекционерами исследовательских учреждений и фирм. Фенологические наблюдения, учёты, морфологический анализ делали индивидуально по каждой линии, комбинации согласно методике Государственного испытания [8] и методике полевого опыта Б. А. Доспехова [9]. Определение степени истинного и конкурсного гетерозиса проводили по Д. С. Омарову [10]. Степень доминирования изучаемых признаков определяли по формуле, предложенной G. M. Veil и R. E. Atkins [11]. Обработка экспериментальных данных проводилась методом корреляционного и вариационного анализа, статистическая обработка осуществлялась при помощи пакета анализа, входящего в состав Microsoft Excel. Коэффициент вариации рассчитывали по формуле:  $V=(S/X) \times 100$ .

Формирование урожая ярового рапса в 2019–2020 гг. обусловили гидротермические ресурсы вегетационного периода и технология возделывания. Метеорологические условия в период исследований существенно отличались от среднесезонных показателей как по температурному режиму, так и по количеству атмосферных осадков и были удовлетворительными для роста растений, формирования семян ярового рапса.

Высота растений в селекции важный признак, так как он связан с устойчивостью к полеганию. Высокорослые сорта обычно являются более продуктивными, но часто позднеспелые. Низкорослые созревают раньше, меньше полегают и более пригодны для проведения технологических операций по защите посевов от вредителей и болезней, внесения микроэлементов. Но, как правило, такие сорта менее продуктивны, особенно в засушливые годы [12]. Наилучшим для ярового рапса является сочетание таких показателей, как низкорослость, раннеспелость и продуктивность. Однако между данными хозяйственно ценными признаками существует в определенной степени отрицательная корреляция.

В наших исследованиях в качестве родительских форм использовались: сорт-контроль Топаз, образцы №С62/67, №87/13-1, №15А-2, №20А-2. В таблице 1 представлена высота растений и степень доминирования гибридов F<sub>1</sub> ярового рапса, полученных от скрещивания короткостебельных и высокорослых сортов (линий) и образцов ярового рапса. Степень доминирования (hp) в прямых и обратных скрещиваниях у полученных гибридов составила от – 2,91 до 3,50.

В гибридных комбинациях проявилось наследование признака «высота растений» по типу сверхдоминирования в комбинациях 20А-2 x 15А-2 (hp = 3,50) и Топаз x 87/13-1 (hp = 1,86). Отклонение гибридов F<sub>1</sub> по высоте от сорта-контроля Топаз составило –22,2 и –12,3 см. В комбинациях С62/67 x 15А-2 и Топаз x С62/67 установлено наследование признака по типу частичного положительного доминирования hp = 0,46 и 0,98. Эти результаты подтверждаются исследованиями Л. Г. Ильиной [13],

когда при скрещивании короткостебельных образцов с высокорослыми были получены гибриды, высота которых занимает промежуточное положение с доминированием более высокорослого родителя, хоть и частичное. Максимальной высотой растений обладает комбинация Топаз x 15А-2 (109,0 см), минимальной – 20А-2 x 15А-2 (92,9 см).

**Высота растений и степень доминирования гибридов F<sub>1</sub> ярового рапса, среднее за 2019–2020 гг.**

Образцы		Высота растений, см	Отклонение высоты растений, см		Степень доминирования (hp)
			от более высокорослого родителя	от контроля	
№С62/67	♀	104,3	-8,7	-19,5	0,46
С 62/67 x 15А-2	F <sub>1</sub>	95,6			
№15А-2	♂	92,4			
№87/13-1	♀	106,5	+2,1	-6,5	-2,91
87/13-1 x С62/67	F <sub>1</sub>	108,6			
№С62/67	♂	104,3			
Топаз	♀	115,1	-6,1	-6,1	-0,46
Топаз x 15А-2	F <sub>1</sub>	109,0			
№15А-2	♂	92,4			
Топаз	♀	115,1	-10,7	-10,7	0,98
Топаз x С62/67	F <sub>1</sub>	104,4			
№ С62/67	♂	104,3			
Топаз	♀	115,1	-12,3	-12,3	1,86
Топаз x 87/13-1	F <sub>1</sub>	102,8			
№87/13-1	♂	106,5			
№20А-2	♀	92,0	+0,5	-22,2	3,50
20А-2 x 15А-2	F <sub>1</sub>	92,9			
№15А-2	♂	92,4			
№20А-2	♀	92,0	-4,6	-15,4	0,25
20А-2 x С62/67	F <sub>1</sub>	99,7			
№С62/67	♂	104,3			
№20А-2	♀	92,0	-7,0	-15,6	-0,03
20А-2 x 87/13-1	F <sub>1</sub>	99,5			
№87/13-1	♂	106,5			
Топаз	♀	115,1	-5,6	-5,6	-0,52
Топаз x 20А-2	F <sub>1</sub>	109,5			
№20А-2	♂	92,0			
№20А-2	♀	92,0	-12,9	-12,9	-0,12
20А-2 x Топаз	F <sub>1</sub>	102,2			
Топаз	♂	115,1			

В комбинациях Топаз x 20А-2 и 20А-2 x Топаз родительские формы значительно различались между собой, образец №20А-2 был ниже сорта-контроля Топаз в среднем на 23,1 см. Отклонение высоты гибридов первого поколения от сорта-контроля составило -5,9 и -12,9 см. В прямом и обратном скрещиваниях наблюдалась депрессия значения признака, соответственно hp = -0,52 и hp = -0,12. Наибольшая положительная степень доминирования по показателю «высота растения» получена при использовании образца №20А-2 в качестве материнской формы. В системных скрещиваниях родительских форм различного эколого-географического происхождения, лучшими, т.е. низкорослыми были линии: С 20А-2 x 15А-2, 62/67 x 15А-2, которые ниже по сравнению с сортом-контролем Топаз на 22,2–19,5 см или 19,3–17,0 %. На рис. 1 показаны средние значения высоты растений родительских форм, гибридов F<sub>1</sub> и сорта-контроля Топаз.

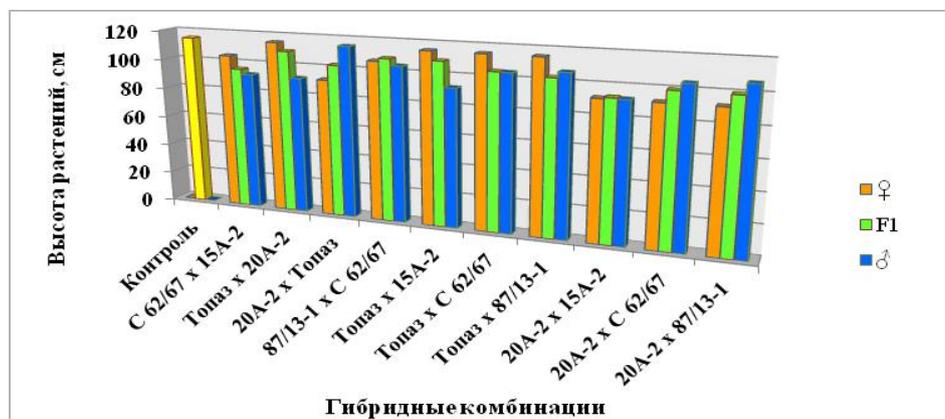


Рис. 1. Высота растений родительских форм, гибридов F<sub>1</sub> и сорта-контроля ярового рапса, среднее за 2019–2020 гг.

На основании полученных результатов установлено, что высота родительских форм ярового рапса в среднем составила 102,5 см, гибридов F<sub>1</sub> – 102,4 см, образцы №87/13-1, №С62/67 имели высоту растений 106,5 и 104,3 см, сорт-контроль Топаз – 115,1 см, а самыми низкорослыми были образцы №15А-2 – 92,4 см и №20А-2 – 92,0 см. Коэффициент вариации по признаку «высота растений» составил в среднем V=5,5 %. При использовании в качестве материнской формы короткостебельных образцов №С62/67 и №20А-2 получены наиболее низкорослые гибриды с высотой растений от 92,9 до 99,5 см, которые рекомендуется использовать в гетерозисной селекции.

Использованные в скрещиваниях линии проявили отрицательный истинный (50,0 % гибридных комбинаций от общего их количества) и конкурсный гетерозис (100,0 %) по признаку «высота растений». В комбинации Топаз x 20А-2 наблюдается максимальный положительный истинный гетерозис (19,02 %) в сравнении со всеми остальными комбинациями (рис. 2).

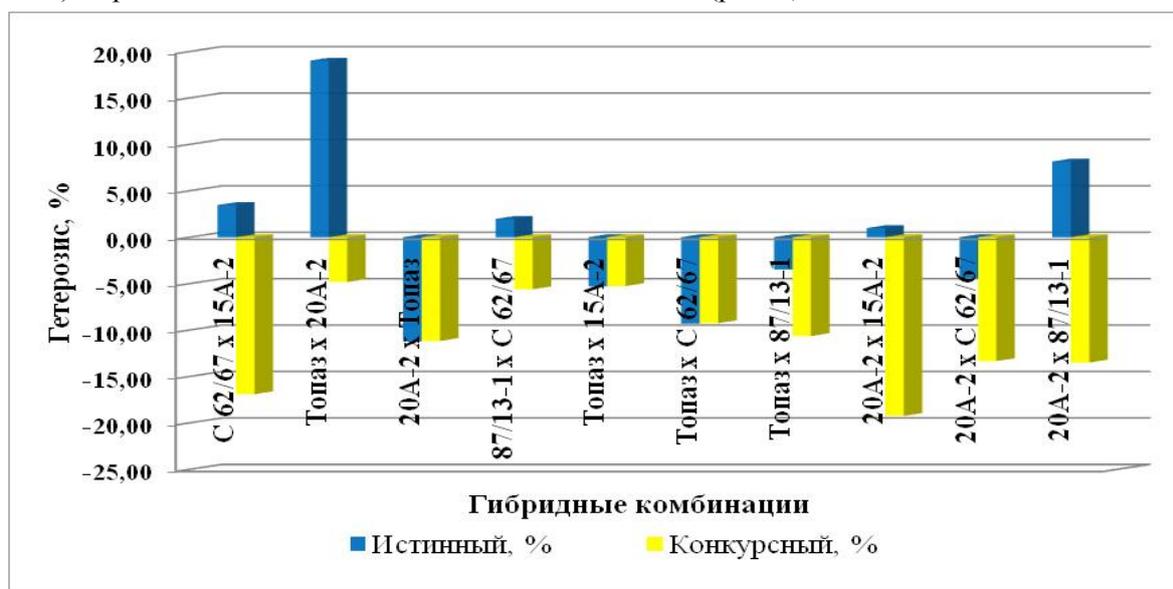
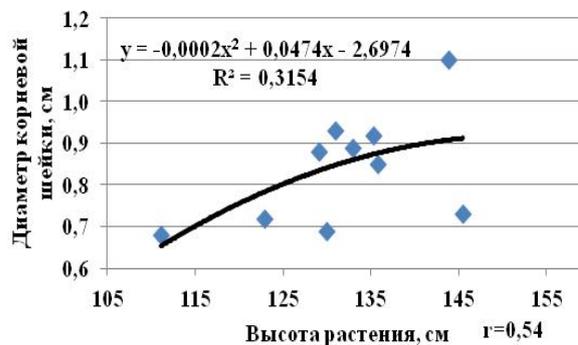
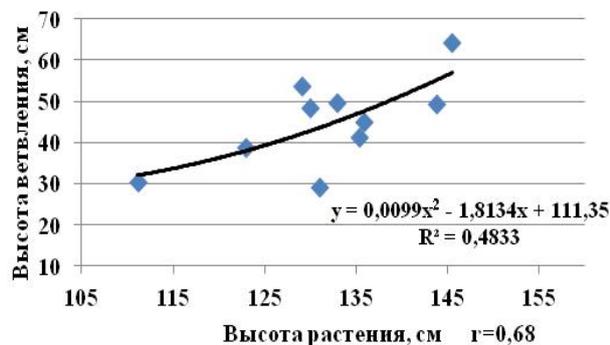


Рис. 2. Степень проявления истинного и конкурсного гетерозиса у гибридов F<sub>1</sub> ярового рапса, среднее за 2019–2020 гг.

Для анализа полученных данных нами проводился корреляционный анализ по выявлению силы и направленности связи высоты растений с биометрическими показателями (рис. 3). В селекции сельскохозяйственных растений широко используется анализ корреляционных взаимосвязей и регрессионных зависимостей между признаками. Числовые значения признаков, как и корреляции между ними, обусловлены особенностями селекционного материала, климатических и погодных условий, в которых проводятся опыты, воздействием предшественников и других факторов. У одних и тех же признаков иногда можно получить различные величины корреляции. В связи с этим очень актуально изучение корреляционных связей между разными признаками с целью выявления тех, по которым возможен отбор из гибридных популяций [14, 15].



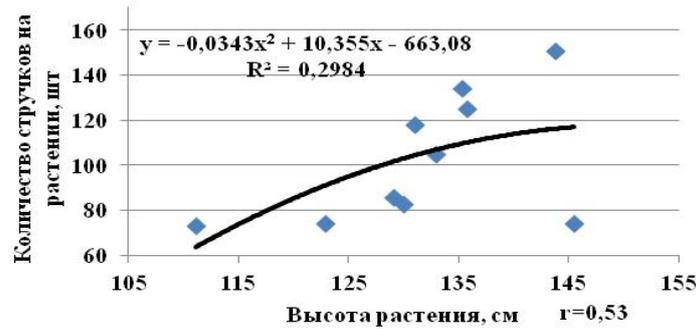


Рис. 3. Корреляционная связь между высотой растений и биометрическими показателями гибридов F<sub>1</sub> ярового рапса, среднее за 2019–2020 гг.

Анализ результатов исследований показал, что высота растений изучаемых гибридов ярового рапса имеет корреляционную связь средней степени с высотой ветвления ( $r=0,68$ ), количеством стручков на растении ( $r=0,53$ ), с диаметром корневой шейки и с устойчивостью к полеганию ( $r=0,54$ ).

### Заключение

Таким образом, при использовании короткостебельных образцов №С62/67 и №20А-2 созданы низкорослые гибриды с высотой растений от 92,9 до 99,5 см, которые можно использовать в гетерозисной селекции. По признаку «высота растений» получен максимальный положительный истинный гетерозис (19,02 %) в комбинации Топаз х 20А-2. В прямых и обратных скрещиваниях низкорослых образцов между собой степень доминирования (hp) этого признака составила от –2,91 до 3,50. Высота растений короткостебельных гибридов F<sub>1</sub> ярового рапса имеет положительную корреляционную связь средней степени с высотой ветвления ( $r=0,68$ ), количеством стручков на растении ( $r=0,53$ ) и диаметром корневой шейки ( $r=0,54$ ).

В системных скрещиваниях родительских форм различного эколого-географического происхождения, лучшими, т.е. низкорослыми были линии: С 20А-2 х 15А-2, 62/67 х 15А-2, которые ниже по сравнению с сортом-контролем Топаз на 22,2–19,5 см или 19,3–17,0 %. Данные образцы рекомендуем использовать в селекционном процессе для повышения устойчивости сортов и гибридов ярового рапса к полеганию.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Пилюк, Я. Э. Рапс в Беларуси: (биология, селекция и технология возделывания) / Я. Э. Пилюк – Минск: Бизнесофсет, 2007. – 239 с.
2. Привалов, Ф. И. Рапс – основная масличная культура республики Беларусь / Ф. И. Привалов, Я. Э. Пилюк // Рапс: настоящее и будущее : к 30-летию возделывания рапса в Беларуси : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 15–16 сент. 2016 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию. – Минск, 2016. – С. 3–12.
3. Самсонов, В. П. О некоторых вопросах полегания зерновых / В. П. Самсонов, П. И. Кубарев // Повышение устойчивости зерновых культур к полеганию. – Жодино, 1979. – С. 3–9.
4. Гончаренко, А. А. Некоторые особенности генетической системы короткостебельности у мутанта ржи EM-I / А. А. Гончаренко // С.-х. биология. – 1977. – Т. 12, № 6. – С. 875–882.
5. Вавилов, Н. И. Избранные сочинения. Генетика и селекция / Н. И. Вавилов; под ред. О. В. Лапшиной. – М.: Колос, 1966. – 559 с.
6. Кунакбаев, С. А. О селекции озимой ржи на короткостебельность / С. А. Кунакбаев // Селекция и семеноводство. 1974. – № 1. – С. 16–20.
7. Griffing, V. Concept of general and combining ability in relation to diallel crossing systems / V. Griffing // J. Biol. Sci. – 1956. – № 9. – P. 463–493.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М. А. Федина. – М., 1988. – 121 с.
9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
10. Омаров, Д. С. К методике учета и оценки гетерозиса у растений / Д. С. Омаров // Сельскохозяйственная биология. – 1975. – Т. X, № 1. – С. 123–127.
11. Veil, G. M. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum / G. M. Veil, R. E. Atkins // Jowa J. Sci. – 1965. – Vol.39, №3. – P. 345–358.
12. Зеленьяк, В. В. Создание исходного материала для селекции рапса озимого в условиях Беларуси: дисс. ... канд. с.-х. наук / Зеленьяк В. В. – Жодино, 2010. – 149 с.
13. Ильина, Л. Г. Алексей Павлович Шехурдин (к 100-летию со дня рождения) / Л. Г. Ильина // Селекция и семеноводство. – 1986. – № 2. – С. 38–39.
14. Kucerova, J. Some correlations between parameters of winter wheat technological quality / J. Kucerova // ActaVniv. Agr. Silvicult. Mendeliana – Brunensis. – 2006. – Vol. 54. – №1. – S. 23–29.
15. Горшков, В. И. Изучение генофонда ярового рапса в условиях Лесостепи ЦЧЗ: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Горшков В. И. – Рамонь, 1998. – 28 с.

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ ПРИ ПОВТОРНОМ ЕЕ ВОЗДЕЛЫВАНИИ

Г. Н. КУРКИНА, Д. Н. ВОЛОДЬКИН, Н. С. СТЕПАНЕНКО

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

(Поступила в редакцию 22.06.2021)

*Реализовать свой высокий генетический потенциал продуктивности кукуруза может лишь при полной обеспеченности растений основными элементами минерального питания. Однако, в связи с бедностью дерново-подзолистых почв питательными веществами, удобрения играют здесь решающую роль. Поэтому несмотря на то, что применению удобрений нет альтернативы, главным остается эффективное, ресурсосберегающее и экономически выгодное их использование.*

*Исследованиями установлено, что внесение высоких доз карбамида (90 кг/га д. в. и более) в предпосевную культивацию в неблагоприятные для прорастания семян кукурузы годы может приводить существенному снижению их полевой всхожести и, как следствие, урожайности. В опытах выявлено, что на связносупесчаной почве при среднем содержании 193 мг/кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 276 мг/кг K<sub>2</sub>O, повторное размещение кукурузы и внесение в первый год 60 т/га подстилочного навоза КРС после уборки этой культуры на зерно и внесение во второй год карбамида сверх 90 кг/га не приводило к росту урожайности. На фоне без запашки кукурузной соломы, когда эта культура была убрана на силос, отмечается небольшой прирост урожая с увеличением дозы азота.*

*На основании проведенных исследований наиболее урожайный вариант (108,6 ц/га) при возделывании кукурузы на зерно – N<sub>30+60</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub> на фоне запашки соломы. Несущественно уступили ему (на 0,9–4,9 ц/га): N<sub>60+60</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub>, N<sub>90+60</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub>, N<sub>90</sub>P<sub>0</sub>K<sub>90</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>, тогда как на фоне уборки кукурузы на силос лучшими были только первые три варианта с дробным внесением азота, где сбор зерна составил 105,1–106,3 ц/га.*

**Ключевые слова:** кукуруза, листостебельная масса, минеральные удобрения, полевая всхожесть, сухое вещество, урожайность.

*Maize can realize its high genetic productivity potential only when the plants are fully supplied with the basic elements of mineral nutrition. However, due to the low content of nutrients in sod-podzolic soils, fertilizers play a decisive role here. Therefore, despite the fact that there is no alternative to the use of fertilizers, the main thing is their efficient, resource-saving and economically beneficial use.*

*Studies have established that the introduction of high doses of urea (90 kg / ha of acting agent and more) into pre-sowing cultivation in years unfavorable for the germination of corn seeds can lead to a significant decrease in their field germination and, as a result, yield. The experiments revealed that on a cohesive sandy soil with an average content of 193 mg / kg of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 276 mg / kg of K<sub>2</sub>O, the re-placement of corn and the introduction in the first year of 60 t / ha of bedding cattle manure after harvesting this crop for grain and the introduction of urea in the second year over 90 kg / ha did not lead to an increase in yield. Against the background of no plowing of corn straw, when this crop was harvested for silage, there is a slight increase in yield with an increase in the nitrogen dose.*

*Based on the studies carried out, the most productive option (10.86 t / ha) for the cultivation of corn for grain is N<sub>30+60</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub> against the background of plowing of straw. The following options were insignificantly inferior to this (by 0.09–0.49 t / ha): N<sub>60+60</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub>, N<sub>90+60</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub>, N<sub>90</sub>P<sub>0</sub>K<sub>90</sub> and N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>, while against the background of maize harvesting for silage, only the first three options with fractional nitrogen application were the best, where grain yield amounted to 10.51–10.63 t / ha.*

**Key words:** corn, leaf-stem mass, mineral fertilizers, field germination, dry matter, productivity.

### Введение

Количество и качество получаемого урожая сельскохозяйственных культур во многом зависит от применяемых минеральных и органических удобрений [1, 2]. В результате сокращения применения органических удобрений в пахотных землях Беларуси в большинстве районов отмечается снижение содержания фосфора, калия и гумуса [3]. Запашка соломы возделываемых культур может стать альтернативой солоmistому навозу. Солома без остатка повторно включается в круговорот минерального и органического питания растений для формирования новой биомассы [4]. По накоплению в почвах гумуса запашка 1 т соломы зерновых с компенсирующей дозой азота 10 кг равноценна 3,5 т условного навоза [5]. По данным проведенных исследований, при урожайности зерна кукурузы 100 ц/га на поле остается 7 т сухого вещества кукурузной соломы. С этим количеством в почву возвращается в среднем 80 кг азота, 35 кг фосфора, 115 кг калия и поступает 6,7 т/га органического вещества [6]. В среднем 85 % заделанной в почву соломы минерализуется до углекислоты, воды и минеральных элементов и 15 % гумифицируется [7], а гумус является доминантным компонентом почвенного плодородия, определяющего продуктивность агробиоценозов [8]. Основная часть калия (82–92 % от исходного содержания), 40–59 % фосфора и 8–31 % азота высвобождаются из соломы уже осенью. В течение года калий высвобождается на 95–99 %, фосфор – на 70–90 %, азот – всего на 50–60 % [6].

При запашке соломы рассматривают и экологический аспект, который заключается в том, что увеличение дозы соломы, вносимой в почву, повышает и уровень размножения микроорганизмов, осо-

бенно анаэробных азотфиксаторов р. *Clostridium*. Кроме того, некоторые авторы отмечают усиление связывания азота атмосферы азотфиксирующими организмами, что приводит к существенному обогащению почвенного слоя соединениями азота, а это, в свою очередь, обуславливает положительное воздействие соломы на сельскохозяйственные культуры и повышает их урожайность [9].

#### **Основная часть**

Полевые опыты проводили в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию на дерново-подзолистой связносупесчаной почве с содержанием в пахотном слое 2,62 % гумуса, 193 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 276 мг/кг K<sub>2</sub>O, pH 6,11.

Предшественник – кукуруза, под которую вносили 60 т/га навоза КРС. Подготовка почвы включала дискование, зяблевую вспашку, весеннее дискование, культивацию с боронованием и предпосевную обработку АКШ. Посев гибридом Колизей осуществлялся 3 мая в 2018 г., 18 апреля в 2019 г., 21 апреля в 2020 г., всходы отмечены 11.05 в 2018 г., 10.05 в 2019 г. и 18.05 в 2020 г. Норма высева – 90–100 тыс. семян/га. Способ сева: широкорядный, ширина междурядий 70 см. В фазу 2–3 листьев кукурузы применялся гербицид Люмакс в дозе 3,5 л/га. Площадь опытных делянок 30 м<sup>2</sup>. Повторность четырехкратная. Схема опыта включала 10 вариантов внесения минеральных удобрений под кукурузу, убранной на зерно с последующей запашкой соломы и на силос с использованием на эти цели всей вегетативной части урожая. Исследования выполнялись в соответствии с методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кукурузой и кормовыми культурами [10, 11].

Температурные условия в 2018 г. оказались очень благоприятными для роста и развития кукурузы на протяжении всего вегетационного периода. Во второй и третий летние месяцы, когда отмечается максимальная потребность растений кукурузы в воде, наблюдалось достаточное выпадение осадков, поэтому критический период также проходил в благоприятных условиях.

Погодные условия 2019 г. также складывались благоприятно для формирования высокого урожая. Отличительной особенностью данного года являются ранние осенние морозы (– 2 °С в ночь на 24 и 25 сентября), после которых длительное время была холодная и дождливая погода. В результате морозов листовая поверхность растений полностью погибла.

Существенный и продолжительный недостаток тепла в 2020 г. привел к увеличению довсходового периода и задержке начального развития растений. Погода в июне и июле благоприятствовала хорошему росту и развитию кукурузы. В августе температура воздуха превысила норму на 0,8 °С, однако две первые засушливые декады сдержали активный прирост початков. В целом, развитие растений кукурузы отставало по сравнению с прошлым годом, но близко к среднеголетним показателям.

Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2018 г. составила 1145 °С, в 2019 г. – 981 °С, в 2020 – 933 °С при норме 822 °С. С мая по сентябрь в 2018 году по данным метеостанции Борисов выпало осадков 297 мм, в 2019 г. – 384 мм и в 2020 г. – 420 мм при норме 370 мм.

Различные способы размещения удобрений создают неравнозначные условия для прорастания семян и появления всходов. При высокой концентрации солей почвенного раствора в результате высоких доз азота может наблюдаться задержка с появлением всходов или их изреживание [12]. Наши исследования также показали, что погодные условия в совокупности с хорошо растворимыми в воде и подвижными в почве азотными и калийными удобрениями, внесенными непосредственно перед севом кукурузы, оказывают существенное влияние на полевую всхожесть семян. Очень негативно сказывается высокая концентрация азота в момент прорастания семян. Рассмотрим это на примере 2019 и 2020 г. В 2019 г. сев кукурузы был осуществлен 23 апреля, в 2020 г. – 21 апреля. Довсходовый период в первом случае составил 22 суток, во втором – 27 суток при среднесуточной температуре воздуха 12,2 °С и 10,3 °С соответственно. Длительный довсходовый период в 2019 г. связан не с температурой воздуха, а дефицитом влаги в верхнем слое почвы, поскольку при такой температуре всходы кукурузы обычно появляются через 15 суток. Согласно [13] уравнение регрессии имеет следующий вид:  $y = 0,1946x^2 - 6,7989x + 68,345$ , где  $y$  – продолжительность периода от сева до всходов в сутках,  $x$  – среднесуточная температура воздуха за этот период. Что касается осадков, то в апреле их практически не было (0,4 мм), а 5 мая выпало 56,1 мм. Это только ускорило рост проростков и появление всходов 10 мая. По этой причине полнота всходов оказалась высокой на уровне 92,9–95,5 %. На этот показатель не влияли как внесенные перед севом минеральные удобрения, так и кукурузная солома, запаханная осенью. В 2020 г. при севе 21 апреля вся третья декада оказалась холоднее нормы на 0,8 °С при среднесуточной температуре 8,6 °С, что не способствовало даже прорастанию семян. Небольшое потепление до среднеголетних значений (11,3 °С) наступило в первой декаде мая после того, как в первый день месяца выпало 28,9 мм осадков (на 70 % больше нормы). Затем во второй декаде мая вернулась холодная погода с недобором тепла 4,4 °С в сутки по отношению к норме. Дли-

тельное появление всходов в холодной и влажной почве привело к резкому падению полевой всхожести семян в вариантах с внесением перед севом азотных и калийных удобрений. Коэффициент корреляции между суммой действующих веществ этих удобрений и полевой всхожестью семян составил – 0,82. Более негативно на этот показатель действовали азотные удобрения (мочевина), где  $r = -0,96$ . По калийным удобрениям (хлористый калий)  $r = -0,28$ . Самая низкая полевая всхожесть семян отмечена при внесении максимальной дозы азота (150 кг/га) – 55,9–63,1 %, в то время как на контроле без внесения удобрений полевая всхожесть семян составила 92,3–93,4 %. Высокий показатель отмечен и в варианте внесения перед севом 30 кг азота и 45 кг/га калия (табл. 1).

Решение проблемы полевой всхожести семян при внесении высоких доз азота перед севом кукурузы возможно за счет увеличения временного промежутка между этими двумя операциями. Так, гибрид Колизей из этой же партии семян, посеянный 22 апреля, показал полевую всхожесть 95 % при внесении мочевины в дозе 140 кг/га д.в. азота 6 апреля под первую весеннюю обработку почвы (дискование).

Таблица 1. Действие удобрений на полевую всхожесть семян кукурузы при повторном возделывании, %

Вариант внесения удобрений (фактор А)		Фон (фактор В)			
под предпосевную культувацию	в фазу 6–7 листьев в разброс	С запашкой соломы (уборка на зерно)		Без соломы (уборка на силос)	
		2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Контроль без удобрений		93,0	<b>92,3</b>	93,3	<b>93,4</b>
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>		92,9	77,6	<b>94,1</b>	76,7
N <sub>90</sub> P <sub>0</sub> K <sub>90</sub>		<b>93,4</b>	75,1	<b>94,0</b>	77,5
N <sub>90</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>		<b>94,5</b>	81,3	93,4	76,9
N <sub>90</sub> P <sub>0</sub> K <sub>45</sub>		<b>93,8</b>	79,6	<b>94,1</b>	76,8
N <sub>30</sub> P <sub>0</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>60</sub>	<b>94,3</b>	<b>92,7</b>	<b>94,2</b>	<b>93,9</b>
N <sub>120</sub> P <sub>0</sub> K <sub>45</sub>		<b>93,8</b>	67,2	92,6	66,6
N <sub>60</sub> P <sub>0</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>60</sub>	<b>93,2</b>	88,0	<b>95,5</b>	88,2
N <sub>150</sub> P <sub>0</sub> K <sub>45</sub>		<b>94,2</b>	63,1	<b>94,0</b>	55,9
N <sub>90</sub> P <sub>0</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>60</sub>	<b>94,7</b>	77,0	92,2	76,9
Среднее		<b>93,8</b>	<b>79,4</b>	<b>93,7</b>	<b>78,3</b>
НСР <sub>05</sub> АВ		2,3	5,3		
А (вариант)		1,6	3,8		
В (фон)		0,7	1,7		

Учет урожая в среднем за 3 года показал, что сбор сухого вещества початков в контрольном варианте на фоне заправки соломы составил 86,1 ц/га, на удобренных минеральными удобрениями – 99,5–109,6 ц/га.

На фоне уборки кукурузы на силос урожайность початков в контроле на 5,2 ц/га ниже. В вариантах с применением минеральных удобрений она возросла до 97,3–108,1 ц/га. Средняя по вариантам урожайность сухого вещества початков на фоне использования соломы кукурузы составила 102,8 ц/га, без нее – 100,6 ц/га (разница незначительная), листостебельной массы (ЛСМ) – 73,2 и 69,2 ц/га соответственно (разница существенная). Заправка кукурузной соломы во всех вариантах опыта также существенно повышала сбор сухого вещества в листостебельной массе. На фоне без заправки соломы 2 варианта (N<sub>90</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub>) существенно уступили лучшему: N<sub>30+60</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub> + солома. По урожайности сухого вещества в початках существенно меньший показатель получен в вариантах с внесением в предпосевную культувацию N<sub>90-150</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub>. На фоне убранной на силос предшествующей кукурузы к ним добавился еще N<sub>90</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>. В итоге, в среднем за 3 года общий сбор сухого вещества на фоне заправки соломы составил 176,3 ц/га, без нее – 169,5 ц/га, разница в 6,8 ц/га – существенная (НСР<sub>05</sub> = 5,2 ц/га). Все варианты внесения минеральных удобрений на обоих фонах существенно повышали урожайность сухого вещества данной культуры. На фоне заправки соломы прирост составил 18-27%, без нее – 22–36 %. Вместе с тем в число лучших по урожайности не вошли N<sub>120-150</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub> на обоих фонах и N<sub>90</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> на фоне без соломы.

Опыт показал, что при повторном размещении кукурузы и внесении в первый год 60 т/га подстильного навоза КРС после уборки этой культуры на зерно внесение во второй год карбамида сверх 90 кг/га не приводило к росту урожайности сухого вещества. Так, средняя урожайность при такой дозе составила 180 ц/га, при 120 кг/га – 179 ц/га, 150 кг/га – 179,3 ц/га. На фоне без заправки кукурузной соломы, когда эта культура была убрана на силос, отмечается небольшой прирост урожая сухого вещества с увеличением дозы азота. Сбор сухого вещества в этом случае составил 172,9 ц/га, 173,8 ц/га и 175,2 ц/га соответственно. Вместе с тем, можно выделить 2 лучших варианта эффективного использования кукурузой на обоих фонах минеральных удобрений: N<sub>30+60</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub> и N<sub>60+60</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub>. Данные рис. 2 показывают, что при высокой общей урожайности, эти варианты находятся в числе лучших по качественным показателям урожая. Доля початков без оберток в урожае зеленой массы

(ЗМ) здесь составляет 40,3–40,8 % при среднем показателе на всех других удобренных вариантах 39,9 %. Аналогичная картина отмечается и по доле початков в урожае сухого вещества (СВ): 58,8–59,2 % и 58,7 % соответственно. Дробное внесение азота способствует увеличению доли початков в урожае как зеленой массы (40,4 % против 39,7 %), так и сухого вещества (58,8 % против 58,4 %).

Средняя по вариантам урожайность зерна в 2018 г. кукурузы стандартной влажности составила 108,8 ц/га на фоне заправки соломой и 108,1 ц/га без нее (табл. 2). В 2019 г. заправка кукурузной соломой в среднем по всем вариантам обеспечила, существенную прибавку урожая зерна – 110,6 ц/га против 107,8 ц/га. В 2020 г. урожайность в среднем составила 85,6 ц/га с заправкой соломой и 81,4 ц/га при ее отсутствии. На фоне заправки соломой лучший результат, показали варианты с применением по 90 кг/га азота и калия и с дробным внесением 150 кг/га и 45 кг/га калия. Последний обеспечил наибольшую урожайность и на втором фоне без использования кукурузной соломой.

Таблица 2. Действие минеральных удобрений и кукурузной соломой на урожайность зерна, ц/га

Вариант опыта (А)	Фон 1 с заправкой соломой (В)				Фон 2 без заправки соломой (В)			
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее
Контроль	94,4	89,6	71,4	85,1	87,6	84,5	68,0	80,0
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	<b>110,4</b>	<b>111,3</b>	89,3	<b>103,7</b>	<b>109,9</b>	109,7	89,1	102,9
N <sub>90</sub> P <sub>0</sub> K <sub>90</sub>	<b>112,3</b>	<b>117,7</b>	83,1	<b>104,4</b>	<b>108,6</b>	110,5	81,8	100,3
N <sub>90</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	<b>110,9</b>	109,1	85,9	102,0	105,0	108,3	80,7	98,0
N <sub>90</sub> P <sub>0</sub> K <sub>45</sub>	<b>110,8</b>	111,0	83,5	101,8	<b>110,4</b>	105,9	82,1	99,5
N <sub>30+60</sub> P <sub>0</sub> K <sub>45</sub>	<b>110,4</b>	<b>114,4</b>	<b>101,1</b>	<b>108,6</b>	<b>110,9</b>	109,7	<b>94,7</b>	<b>105,1</b>
N <sub>120</sub> P <sub>0</sub> K <sub>45</sub>	<b>109,5</b>	<b>111,6</b>	75,0	98,7	<b>109,7</b>	110,4	70,6	96,9
N <sub>60+60</sub> P <sub>0</sub> K <sub>45</sub>	<b>109,4</b>	<b>111,7</b>	<b>102,0</b>	<b>107,7</b>	<b>111,8</b>	<b>111,4</b>	<b>94,7</b>	<b>106,0</b>
N <sub>150</sub> P <sub>0</sub> K <sub>45</sub>	<b>108,3</b>	<b>113,9</b>	74,5	98,9	<b>112,6</b>	<b>112,5</b>	62,9	96,0
N <sub>90+60</sub> P <sub>0</sub> K <sub>45</sub>	<b>111,6</b>	<b>115,9</b>	90,4	<b>106,0</b>	<b>114,3</b>	<b>115,3</b>	<b>89,4</b>	<b>106,3</b>
<b>Среднее</b>	108,8	110,6	85,6	101,7	108,1	107,8	81,4	99,1
НСР <sub>05</sub> АВ	5,9	6,6	9,1	7,3				
А	4,1	4,7	6,4	5,2				
В	1,9	2,0	2,8	2,3				

В 2018 г. все варианты внесения удобрений на фоне с заправкой соломой по влиянию на урожайность зерна были равноценными (108,3–112,3 ц/га). Наибольшее значение отмечено в варианте с применением по 90 кг/га азота и калия, а наименьшее – при разовом внесении в основную заправку 150 кг/га азота и 45 кг/га калия. На фоне без заправки кукурузной соломой, напротив, этот вариант, а также вариант с дробным применением такой же дозы азота показал самые лучшие результаты по урожайности зерна. В число лучших также вошли все другие варианты, за исключением N<sub>90</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>.

В 2019 г. самыми урожайными по зерну (115,9–117,7 ц/га) на фоне заправки соломой оказались те же варианты, что и в 2018 г.: N<sub>90+60</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>0</sub>K<sub>90</sub>. Однако существенное снижение этого показателя отмечено при только внесении N<sub>90</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub>. На фоне без соломой в число лучших вошли только 3 варианта: с дробным внесением 120 кг азота и дробным или разовым – 150 кг/га, где сбор зерна составил 111,4–115,3 ц/га.

В 2020 г. на фоне уборки кукурузы на зерно и использовании соломой как органического удобрения лучшими оказались варианты с дробным внесением азота, в сумме не превышающие 120 кг/га, урожайность зерна в них составила 101,1–102,0 ц/га. На фоне, где кукуруза убиралась на силос, к этим двум лучшим вариантам добавился вариант с дробным внесением 150 кг/га азота, где получено 89,4–94,7 ц/га зерна стандартной влажности.

В итоге, в среднем за 3 года на фоне уборки кукурузы на зерно с заправкой соломой средняя урожайность зерна повторной культуры равнялась 101,7 ц/га, а при уборке кукурузы на силос – на 2,6 ц/га меньше (при НСР<sub>05</sub> = 2,3 ц/га). Лучший вариант на первом фоне – N<sub>30+60</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub> с урожайностью 108,6 ц/га. Несущественно уступили ему (на 0,9–4,9 ц/га) варианты: N<sub>60+60</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub>, N<sub>90+60</sub>P<sub>0</sub>K<sub>45</sub>, N<sub>90</sub>P<sub>0</sub>K<sub>90</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. В то же время на фоне уборки кукурузы на силос два последних варианта при повторном возделывании кукурузы показали существенно меньшую урожайность зерна, которая равнялась 100,3–102,9 ц/га.

### Заключение

1. Внесение высоких доз карбамида (90 кг/га д.в. и более) в предпосевную культивацию в неблагоприятные для прорастания семян кукурузы годы может приводить существенному снижению их полевой всхожести и, как следствие, урожайности.

2. При повторном размещении кукурузы и внесении в первый год 60 т/га подстильного навоза

КРС после уборки этой культуры на зерно увеличение во второй год дозы внесения карбамида с 90 до 150 кг/га д.в. не приводит к росту урожайности сухого вещества, в то время как после кукурузы, убранной на силос, отмечается небольшой прирост урожая.

3. Наиболее урожайный вариант при возделывании кукурузы на зерно –  $N_{30+60}P_0K_{45}$  на фоне заправки соломы. Тогда как на фоне уборки кукурузы на силос лучшими были варианты в дозе 90–150 кг/га с дробным внесением азота.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеенко, А. П. Влияние листовых и корневых подкормок на продуктивность кукурузы на зерно / А. П. Авдеенко, И. А. Авдеенко // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – №11(42). – С. 44–46.
2. Семина, С. А. Густота растений и уровень минерального питания как факторы регулирования урожайности зерна кукурузы / С. А. Семина, И. В. Гаврюшина, Ю. А. Семина // Нива Поволжья. – 2018. – №3 (48). – С. 57–62.
3. Динамика плодородия пахотных почв Беларуси / И. М. Богдевич [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – №1(34). – С. 167–173.
4. Серая, Т. М. Влияние систем удобрения на баланс элементов питания и агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы / Т. М. Серая, Е. Г. Мезенцева, Е. Н. Богатырева, О. М. Бирюкова, Р. Н. Бирюков // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1 (48). – С. 62–69.
5. Лапа, В. В. Плодородие почв и применение удобрений в Республике Беларусь / Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – 3-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 668 с.
6. Лапа, В. Кукурузная солома в почвенном «меню» / В. Лапа, Т. Серая, Е. Богатырева // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 12. – С. 44–46.
7. Серая, Т. М. Гумус: источники воспроизводства / Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева // Наше сельское хозяйство. – 2014. – № 3(Агрономия). – С. 46–52.
8. Богатырева, Е. Н. Влияние органических удобрений на гумусное состояние дерново-подзолистой супесчаной почвы / Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, О. М. Бирюкова // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2017. – №4. – С. 54–65.
9. Анохина, Т. А. Заправка соломы гречихи как элемент биологического земледелия / Т. А. Анохина, Р. М. Кадиров, Т. Г. Бардиян // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2009. – №2. – С. 62–67.
10. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. – Днепропетровск, 1980. – 54 с.
11. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. –М.: Россельхозакадемия, 1997. – 155 с.
12. Кваша, А. В. Совершенствование технологии возделывания кукурузы на фуражное зерно в южной лесостепной и степной зонах западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / А. В. Кваша. – Омск, 2016. – 156 с.
13. Влияние погодных условий на формирование урожая кукурузы в центральной части Беларуси / Н. Ф. Надточаев [и др.] // Земледелие и растениеводство. – 2020. – №6. – С. 7–12.

## ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ

Г. А. НОВИК, А. М. КРИВОРОТ

РУП «Институт плодоводства»,  
аг. Самохваловичи, Республика Беларусь, 223013, e-mail: belhort@belsad.by

(Поступила в редакцию 25.06.2021)

*Переработка фруктов и ягод – наиболее перспективный, проверенный временем и опытом способ сохранения продукции. В настоящее время цивилизованный мир знает множество методов консервирования фруктов и ягод, получая при этом богатое разнообразие замечательных по вкусу и полезных продуктов: соков, варенья, джемов, компотов, муссов, киселей, сорбе и т.д. [1, 2]. Ассортимент консервов из плодово-ягодного сырья, согласно действующей нормативно-технической документации (ГОСТ, СТБ, ТУ), насчитывает более 1000 наименований. Однако фактически сегодня вырабатывается не более 150 наименований.*

*В статье представлены результаты исследований за 2014–2016 гг. по изучению пригодности 5 районированных сортов земляники садовой (Викода, Вима Рина, Вима Тарда, Зенга-Зенгана, Кимберли) к изготовлению различных видов переработки. Содержание растворимых сухих веществ в свежих ягодах земляники садовой у изучаемых сортов находилось в пределах 9,0–11,4 %, твёрдость – 1,6–2,2 Н/см<sup>2</sup>, твёрдые отходы (чашелистики и плодоножки) – 2,0–5,7 % в зависимости от сорта. На основании товарных и биохимических характеристик ягод установлена пригодность всех изучаемых сортов земляники садовой к изготовлению традиционных продуктов переработки (варенье, джем, конфитюр, ягоды, протёртые с сахаром). Органолептические показатели качества продуктов переработки (внешний вид, окраска, консистенция, аромат и вкус) из ягод всех сортов были высокими и находились в пределах 4,5–5,0 баллов.*

**Ключевые слова:** земляника садовая, сорт, ягоды, переработка, варенье, джем, конфитюр, твёрдость, растворимые сухие вещества, дегустационная оценка, Беларусь.

*Fruit and berry processing is the most promising, time-tested and experience-tested way of preserving products. Currently, the civilized world knows many methods of preserving fruits and berries, while obtaining a rich variety of delicious and healthy products: juices, preserves, jams, compotes, mousses, jelly, sorbet, etc. The assortment of canned food from fruit and berry raw materials, according to the current regulatory and technical documentation (GOST, STB, TU), has more than 1000 items. However, in fact, no more than 150 items are produced today.*

*The article presents the research results for 2014–2016 to study the suitability of 5 zoned varieties of garden strawberries (Vikoda, Vima Rina, Vima Tarda, Zenga-Zengana, Kimberly) for the manufacture of various types of processed products. The content of soluble solids in fresh berries of garden strawberries in the studied varieties was in the range of 9.0–11.4 %, hardness – 1.6–2.2 N/cm<sup>2</sup>, solid waste (sepals and stalks) – 2.0–5.7 % depending on the variety. On the basis of commercial and biochemical characteristics of the berries, the suitability of all studied varieties of garden strawberries was established for the manufacture of traditional processed products (preserve, jam, confiture, berries, rubbed with sugar). Organoleptic indicators of the quality of processed products (appearance, color, texture, aroma and taste) from berries of all varieties were high and were in the range of 4.5–5.0 points.*

**Key words:** garden strawberry, variety, berries, processing, preserve, jam, confiture, hardness, soluble solids, tasting assessment, Belarus.

### Введение

Новые разработки в области технологии консервирования и сушки плодово-ягодной продукции, возрастающий спрос на такую продукцию и большой диапазон между потенциальным и фактическим рынком делает эту отрасль пищевой промышленности привлекательной для инвесторов.

В ряду других культур свою нишу занимает и земляника садовая. Однако короткий срок плодоношения этой культуры и низкая транспортабельность ее ягод являются существенным препятствием для использования всего урожая в свежем виде. Поэтому одной из главных задач является необходимость обеспечения потребителей высококачественной продукцией, где, наряду с увеличением производства свежих ягод, встает вопрос о переработке излишков урожая для использования в межсезонье [3, 4].

При этом одной из проблем современной перерабатывающей промышленности является также выбор сорта для определённого вида переработки. Как показывает практика, не все сорта одинаково хорошо подходят для всех видов переработки: один и тот же сорт может быть идеальным для потребления на десерт в свежем виде, но абсолютно не пригодным для переработки. Поэтому необходимо подобрать технологичные и универсальные сорта земляники садовой для производства таких видов переработки, как варенье, джем, конфитюр, ягоды протёртые с сахаром.

Цель исследований – определить пригодность районированных сортов земляники садовой к изготовлению традиционных видов переработки.

## Основная часть

Исследования проводили в 2014–2016 гг. в отделе хранения и переработки РУП «Институт плодводства».

Объектами исследований являлись свежие ягоды земляники садовой районированных сортов Викода, Вима Рина, Вима Тарда, Зенга-Зенгана, Кимберли и продукты переработки из них.

Сорта земляники садовой возделывали на грядах шириной 1 м с использованием мульчирующего материала спанбонд СУФ-60 без орошения по двухстрочной схеме посадки 0,7 x 0,35 м между растениями (содержание почвы в междурядьях шириной 1 м – черный пар с залужением со второго года после посадки). Повторность опыта трёхкратная. Количество растений в повторности – 30 штук. Расположение делянок рендомизированное. Общая площадь опыта – 0,08 га.

Закладка плантации произведена в мае 2013 г. посадочным материалом фриго (класс А+).

На опытном участке, согласно данным агрохимической карты, преобладают дерново-подзолистые легкосуглинистые по гранулометрическому составу почвы, подстилаемые мощными лессовидными суглинками. Рельеф выровненный, экспозиция склона западная, с крутизной склона 1–3°. Содержание гумуса – 2,18 %, кислотность почвы рН<sub>KCl</sub> – 6.47–6.96. Обеспеченность микроэлементами в пахотном слое: доступные формы фосфора P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 280 мг/кг; K<sub>2</sub>O – 344,0 мг/кг. Пахотный слой составляет 23 см.

Отбор проб для исследований и приготовление продуктов переработки проводили по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орёл, 1999) [5].

Опытные образцы свежих ягод земляники садовой второй и третьей волн сбора соответствовали ГОСТ 6828-89 [6].

Содержание растворимых сухих веществ (PCB) определяли рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 2173 [7], сахара – по ГОСТ 8756.13-87 [8], титруемую кислотность – по СТБ ГОСТ Р 51434-2006 [9], твёрдость ягоды (сопротивление механическому сдавливанию) – на оборудовании ART-SISTEM (Германия).

Размерные параметры (высота и диаметр) ягод измеряли с помощью штангельциркуля: за высоту принимали расстояние между крайними точками на продольном разрезе, за диаметр – расстояние между максимально отстающими точками на поперечном разрезе. Массу ягод определяли взвешиванием на весах SCOUT600 (Швейцария) с точностью 0,1 г.

Органолептические показатели качества свежих ягод земляники садовой и продуктов переработки (внешний вид, окраска, консистенция, аромат и вкус) определяли дегустационной комиссией РУП «Институт плодводства» по пятибалльной системе с выведением средней общей оценки в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [5].

Статистическую обработку данных проводили в программных пакетах Microsoft Excel и STATISTICA 6.0 [10, 11].

Для определения пригодности к изготовлению продуктов переработки из ягод 5 сортов земляники садовой были изучены их размерно-массовые характеристики, индекс формы, количество и тип отрыва чашелистиков.

Размер и масса ягод земляники садовой меняются в зависимости от сроков сбора. В производстве чаще всего для переработки используют некрупные и одномерные ягоды земляники второй и третьей волн сбора урожая [12].

Наиболее одномерными ягодами обладали сорта Вима Рина и Викода, у которых максимальная и минимальная масса плодов отличались незначительно, а средняя масса составила 10,4 г и 9,1 г соответственно. Самые крупные ягоды были у сорта Вима Тарда и Кимберли (20,1 и 21,0 соответственно). Индекс формы ягод обоих сортов находился в одном диапазоне (1,2 и 1,1). Форма ягод у изучаемых сортов сердцевидная, тупоконическая и вытянутая (табл. 1).

Таблица 1. Размерно-массовая характеристика свежих ягод земляники садовой II-й и III-й волн сбора (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт	Размеры ягоды, мм		Индекс формы	Масса ягоды, г		
	высота	диаметр		максимальная	минимальная	средняя
Викода	27,8	24,8	1,1	11,0	7,3	9,1
Вима Рина	29,4	26,2	1,2	13,1	7,7	10,4
Вима Тарда	29,5	27,9	1,1	20,1	11,2	14,8
Зенга-Зенгана	22,4	22,6	1,0	15,6	5,4	11,7
Кимберли	32,3	34,4	0,9	21,0	10,4	16,2
<i>HCP<sub>0,05</sub></i>	3,60	4,22	0,11	1,62	0,95	2,66

Согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орёл 1999) [5], изучаемые сорта можно разделить по размеру ягоды на очень крупные (средняя масса – более 12,0 г) – Вима Тарда и Кимберли и крупные (масса ягод от 9,0 г до 12,0 г) – Викода, Вима Рина, Зенга-Зенгана.

В перерабатывающей отрасли существуют свои требования к ягодам земляники садовой по твёрдости ягод, содержанию РСВ и количеству отходов (чашелистиков и плодоножек не более 5 %) [2, 13].

Показатель твёрдости может служить одним из способов определения оптимальной степени зрелости земляники садовой для потребления в свежем виде и переработки. Чем выше показатель твердости свежих ягод при характерных для сорта внешнем виде, окраске, форме, тем более привлекательным будет внешний вид продуктов переработки (варенье, вяленые ягоды), так как ягоды после термической обработки лучше сохраняют форму.

В результате проведенного скрининга сразу после сбора урожая минимальная твёрдость была у ягод сорта Викода (1,6 Н/см<sup>2</sup>), максимальный показатель твёрдости – у сортов Вима Тарда и Кимберли (2,2 Н/см<sup>2</sup>) (табл. 2).

При производстве продуктов переработки из исследуемых сортов земляники садовой отходы и потери составили небольшой процент, что в большинстве случаев соответствует требованиям перерабатывающих предприятий [13]. Минимальная доля чашелистиков и плодоножек была у сортов Вима Рина и Зенга-Зенгана (2,0 %), максимальная – у сорта Викода (5,7 %) (табл. 2). При этом отрыв чашелистиков у всех сортов был сухим.

Таблица 2. Показатели качества свежих ягод земляники садовой (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт	Твёрдость, Н/см <sup>2</sup>	РСВ, %	Чашелистики и плодоножки, %
Викода	1,6	9,0	5,7
Вима Рина	2,0	10,6	2,0
Вима Тарда	2,2	9,2	4,0
Зенга-Зенгана	1,9	10,4	2,0
Кимберли	2,2	11,4	2,8
<i>HCP<sub>0,05</sub></i>	<i>0,17</i>	<i>0,15</i>	<i>0,94</i>

Гармоничность вкуса свежих ягод земляники садовой определяется соотношением сахара к кислоте или сахарокислотным индексом (СКИ). Чем выше значение СКИ, тем больше ощущается «сладкий вкус» ягод земляники садовой и, наоборот, чем ниже, тем больше будет ощущаться «кислый вкус». Потребители предпочитают на десерт в свежем виде ягоды земляники садовой с более сладким вкусом. Однако ягоды с большим содержанием кислот лучше подходят для переработки, так как менее подвержены брожению, а при добавлении сахара вкус у продуктов переработки становится более гармоничным и выраженным [14, 15].

Наибольший СКИ имели ягоды сорта Вима Рина (9,4), наименьший – сорта Зенга-Зенгана (5,7). У сортов Викода, Вима Тарда и Кимберли этот показатель составил 6,9, 6,8 и 6,1 соответственно (рис.).

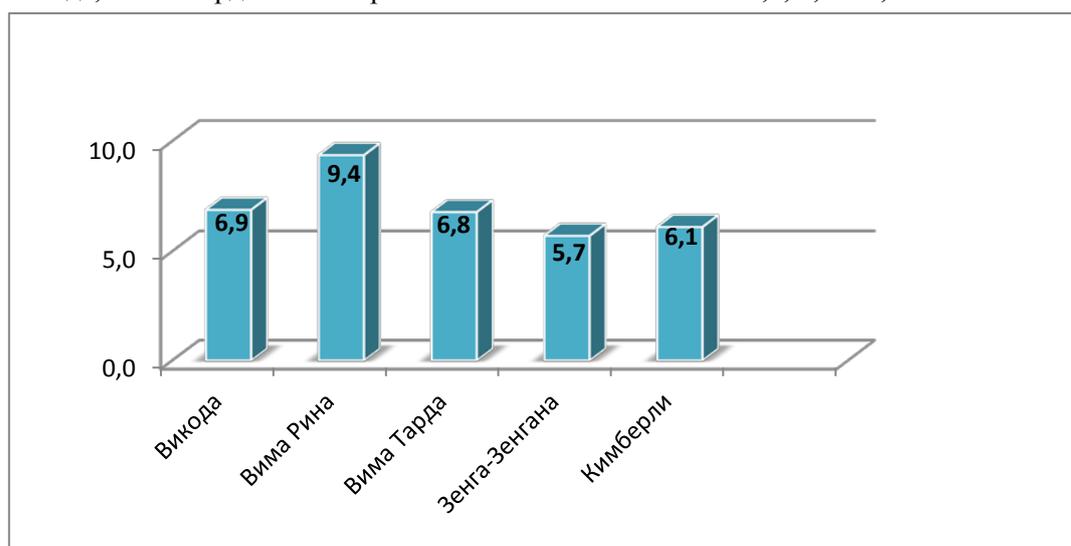


Рис. Сахарокислотный индекс у свежих ягод земляники садовой (среднее за 2014–2016 гг.)

У ягод сортов земляники садовой, возделываемых в Беларуси, СКИ не высокий, что обусловлено небольшим накоплением сахаров в вегетационный период. В среднем у изучаемых сортов сахарокислотный индекс варьировался в пределах от 4,1 до 11,0 в зависимости от года, что согласуется с результатами других исследователей [16]. Следует отметить, что дегустационная оценка вкуса не всегда зависит от соотношения сахара к кислоте. Так, у сорта Кимберли дегустационная комиссия оценила вкус свежих ягод на 5,0 балла, при этом СКИ составил 4,7, а у сорта Викода оценка за вкус ягод была 3,9 при СКИ равным 6,9 (рисунок, табл. 3).

Дегустационную оценку ягод земляники садовой проводили сразу после сбора в потребительской степени зрелости. Консистенция ягод была сочной и плотной. Вкус ягод гармоничный кисло-сладкий с ярко выраженным ароматом, присущим ягодам земляники садовой. По результатам органолептической оценки все изучаемые сорта характеризовались высоким качеством ягод, что отразилось на средних баллах всех изучаемых свежих ягод, которые составили от 4,0 до 5,0 балла (табл. 3).

В результате работы была оценена пригодность изучаемых сортов земляники садовой к изготовлению ряда продуктов переработки.

Согласно СТБ 1636–2006 ягоды, протёртых с сахаром представляют собой однородную массу ягод с добавлением сахара. В ягодах, протёртых с сахаром допускается наличие семян. Количество растворимых сухих веществ – не менее 52 % [17].

Все изучаемые образцы ягод протёртых с сахаром из сортов земляники садовой имели гармоничный вкус и приятную консистенцию, что видно по среднему баллу дегустационной оценки. Так, у сорта Вима Тарда средний балл составил 4,6, а у сорта Зенга-Зенгана – 4,8 балла. Оценка за вкус у всех сортов варьировала от 4,6 до 4,8 балла. У всех изготовленных образцов количество РСВ было не менее 52 % и варьировало от 52,1 % до 53,0 %

Согласно ГОСТ 31712-2012, джем представляет собой мажущуюся массу, обладающую железной консистенцией, с равномерно распределенными в ней ягодами или частями. Допускается единичное включение семян. Количество растворимых сухих веществ – не менее 67 % [18].

Содержание РСВ во всех опытных образцах джема из земляники садовой было в пределах 67,1–67,7 %. При дегустационной оценке джема из ягод сорта Вима Рина внешний вид и окраску оценили на 4,9 балла, у сорта Кимберли средний балл составил 4,7.

Варенье – это уваренные, равномерно распределенные в густом сахарном сиропе целые ягоды, однородные по степени зрелости и величине, сохранившие свою форму, не разваренные, не сморщенные, по всем показателям отвечающие требованиям действующего стандарта (СТБ 998-95). Количество растворимых сухих веществ (РСВ) – не менее 67 % [19].

Опытные образцы варенья из всех изучаемых сортов соответствовали требованиям СТБ 998, содержание РСВ у сортов Зенга-Зенгана и Кимберли – 67,8 %, 67,7 % соответственно. Дегустационной комиссией отмечены хорошие вкусовые качества и внешний вид изучаемых образцов. Максимальный средний балл у сорта Кимберли – 5,0. Варенье из этого сорта имело приятную консистенцию, яркий вкус и аромат с карамельным послевкусием. Минимальная оценка за внешний вид у сорта Викода – 4,4 балла. Консистенция у сорта Вима Тарда оценена на 4,7 балла.

Конфитюр согласно СТБ 1191-99 представляет собой мажущуюся массу, обладающую железной консистенцией, с равномерно распределенными в ней ягодами или частями. Допускается единичное включение семян с добавлением желирующих веществ (пектин) или без них. Количество РСВ – не менее 50 % [20].

Конфитюр из ягод всех изучаемых сортов земляники садовой имел хороший цвет и вкус, приятную мажущуюся консистенцию. Так, конфитюр из сорта Кимберли получил максимальные оценки за внешний вид, консистенцию и аромат (5,0 баллов). Минимальный балл (4,3) за вкус был у сорта Викода. Средняя общая оценка у всех изучаемых сортов варьировала от 4,5 балла у сорта Зенга-Зенгана до 4,9 балла Кимберли.

Содержание РСВ в конфитюре соответствовало норме и находилось в пределах от 50,0 % у сорта Вима Рина до 50,7 % сорт Викода.

Органолептические показатели качества продуктов переработки (внешний вид, окраска, консистенция, аромат и вкус) из изучаемых сортов земляники садовой, установленные производственной дегустационной комиссией, у всех сортов были в пределах 4,2–5,0 баллов, что говорит об их пригодности для переработки (табл. 3).

Таблица 3. Дегустационная оценка свежих ягод и продуктов переработки земляники садовой, балл (среднее за 2014–2016 гг.)

Сорт	РСВ, %	Внешний вид	Окраска	Консистенция	Аромат	Вкус	Средний балл
Ягоды свежие							
Викода	9,0	4,1	4,0	3,8	4,1	3,9	4,0
Вима Рина	10,6	4,9	4,9	4,8	4,9	4,8	4,9
Вима Тарда	9,2	4,8	4,7	4,5	4,6	4,7	4,7
Зенга-Зенгана	10,4	4,8	4,9	4,5	4,2	4,3	4,5
Кимберли	11,4	5,0	5,0	4,9	5,0	5,0	5,0
<i>Среднее по сортам</i>	10,1	4,7	4,7	4,5	4,6	4,5	4,6
Ягоды протёртые с сахаром							
Викода	52,3	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,8
Вима Рина	52,1	4,6	4,6	4,8	4,6	4,8	4,7
Вима Тарда	52,7	4,3	4,2	4,8	4,8	4,8	4,6
Зенга-Зенгана	53,0	4,7	4,8	4,8	4,8	4,6	4,8
Кимберли	52,9	4,7	4,6	4,8	4,6	4,6	4,7
<i>Среднее по сортам</i>	52,6	4,6	4,6	4,8	4,7	4,7	4,7
Джем							
Викода	67,1	4,8	4,8	4,8	4,7	4,6	4,7
Вима Рина	67,5	4,9	4,9	4,8	4,8	4,8	4,9
Вима Тарда	67,7	4,5	4,5	4,8	4,8	4,7	4,7
Зенга-Зенгана	67,4	4,8	4,7	4,5	4,6	4,6	4,6
Кимберли	67,3	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
<i>Среднее по сортам</i>	67,4	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
Варенье							
Викода	67,2	4,4	4,6	4,6	4,5	4,5	4,5
Вима Рина	67,0	4,7	4,6	4,6	4,6	4,7	4,6
Вима Тарда	67,1	4,9	4,7	4,7	4,6	4,8	4,7
Зенга-Зенгана	67,8	4,5	4,5	4,3	4,5	4,5	4,5
Кимберли	67,7	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	5,0
<i>Среднее по сортам</i>	67,4	4,7	4,7	4,6	4,6	4,7	4,7
Конфитюр							
Викода	50,7	4,7	4,7	4,7	4,5	4,3	4,6
Вима Рина	50,0	4,8	4,9	4,9	4,8	4,8	4,8
Вима Тарда	50,1	4,8	4,8	4,7	4,7	4,8	4,8
Зенга-Зенгана	50,2	4,5	4,5	4,5	4,6	4,5	4,5
Кимберли	50,6	5,0	4,9	5,0	5,0	4,9	4,9
<i>Среднее по сортам</i>	50,3	4,8	4,8	4,8	4,7	4,7	4,7
<i>НСР<sub>0,05</sub></i>	<i>0,86</i>	<i>0,38</i>	<i>0,41</i>	<i>0,37</i>	<i>0,34</i>	<i>0,38</i>	<i>0,33</i>

### Заключение

1. В процессе исследований установлено, что свежие ягоды земляники садовой сортов Викода, Вима Рина, Вима Тарда, Зенга-Зенгана, Кимберли, выращенные в условиях Беларуси, имеют высокие товарные и вкусовые качества.

2. Содержание растворимых сухих веществ в свежих ягодах земляники садовой варьировало от 9,0 % у сорта Викода до 11,4 % у сорта Кимберли, твёрдость – от 1,6 Н/см<sup>2</sup> у сорта Викода до 2,2 Н/см<sup>2</sup> у сортов Вима Тарда и Кимберли, твёрдые отходы (чашелистики и плодоножки) – от 2,0 % у сортов Вима Рина и Зенга-Зенгана до 5,7 % у сорта Викода.

3. Дегустационная оценка свежих ягод изучаемых сортов находилась в пределах от 4,0 до 5,0 баллов с достаточным уровнем сахаров и органических кислот, что позволяет рекомендовать их для производства традиционных продуктов переработки (варенье, джем, конфитюр, ягоды протёртые с сахаром).

4. Продукты переработки из ягод земляники садовой всех изучаемых сортов отличались высоким органолептическими показателями: ягоды протертые с сахаром – 4,6–4,8 баллов, джем – 4,6–4,9 баллов, варенье – 4,5–5,0 баллов, конфитюр – 4,5–4,9 баллов и соответствовали по этим показателям требованиям ТНПА на изучаемые виды консервов: СТБ 1636-2006, СТБ 998-95, ГОСТ 31712-2012, СТБ 1191-99.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Современное развитие пищевой промышленности в России / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dist-cons.ru/modules/food/section3.html#top>. - Дата доступа: 22.03.2017.

2. Кузнецова, Н. А. Переработка плодов, овощей и картофеля / Н. А. Кузнецова; справоч. пособие. – Минск: Ураджай, 1993. – 344 с.
3. Уланова, И. Г. Исследование потребительских свойств и биологической ценности плодов, ягод и продукции их переработки (на примере Центрально-Черноземной зоны РФ): дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / И. Г. Уланова. – СПб, 2001. – 149 с.
4. Земляника садовая на экспорт. Рынок переработки ягод – один из самых перспективных, но пока малоразвит / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.jagodnik.info/336-zemlyanika-sadovaya-na-eksport-gynok-pererabotki-yagod-odin-iz-samykh-perspektivnykh-no-poka-malorazvit/>. – Дата доступа: 20.02. 2021.
5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / ВНИИСПК; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл: Изд-во ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
6. Земляника свежая. Требования при заготовках, поставках и реализации: ГОСТ 6828-89. – Введ. 01.01.1991. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 8 с.
7. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ: ГОСТ ISO 2173-2013. – Введ. 01.07.2015. – М.: Стандартиформ, 2014. – 12 с.
8. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров: ГОСТ 8756.13-87. Введ. 01.01.88. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 32 с.
9. Соки фруктовые и овощные. Метод определения титруемой кислотности: СТБ ГОСТ Р 51434-2006. – 01.06.2007. – Минск: Изд-во НП РУП БелГИСС, 2006. – 12 с.
10. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования): учеб. и учеб пособие для высш. учеб завед. / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
11. Халафян, А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А. А. Халафян. – 3-е изд. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2008. – 512 с.
12. Козлова, И. И. Товарные качества ягод перспективных сортов земляники / И. И. Козлова // Технология пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания, 2016. – № 3. – С. 19–25.
13. Рогачёв, В. И. Консервы из растительного сырья: Справочник по производству консервов / В. И. Рогачёв – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 656 с.
14. Ширко, Т. С. Биохимия и качество плодов / Т. С. Ширко, И. В Ярошевич; под общ. ред. Л. А. Юрченко. – Минск: Навука і тэхніка, 1991. – 294 с.
15. Kallio, H. Sugars and acids of strawberry varieties / H. Kallio, M. Nakala, A.-M. Pelkkikangas [et al.] // European Food Research and Technology. – 2000. – Vol. 212, № 1. – P. 81–85.
16. Почичкая, И. М. Исследование компонентов, формирующих органолептические характеристики плодов и ягод / И. М. Почичкая, Ю. Ф. Росляков, Н. В. Комарова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 50–61.
17. Продукты переработки фруктов и овощей. Фрукты протертые или дробленые. Общие технические условия: СТБ 1636-2006. – Введ. 01.01.2007. – Минск: Изд-во НП РУП БелГИСС, 2007. – 16 с.
18. Джемь. Общие технические условия: ГОСТ 31712-2012. – Введ. 01.07.2013. – М.: Стандартиформ, 2013. – 12 с.
19. Варенье. Общие технические условия: СТБ 998-95. – Введ. 01.07.1996. – Минск.: Изд-во НП РУП БелГИСС, 1996. – 12 с.
20. Желе плодое и конфитюры. Общие технические условия: СТБ 1191-99. – Введ. 01.07.2000. – Минск: Изд-во НП РУП БелГИСС, 2000. – 16 с.

## EVALUATION OF COLD RESISTANCE AND EARLY RIPENING TRAITS IN STERILE FORMS OF TOMATOES

S. SHOKH, L. SHUBENKO, ZH. VDOVYCHENKO

## ОЦЕНКА ПРИЗНАКОВ ХОЛОДОУСТОЙЧИВОСТИ И РАННЕГО СОЗРЕВАНИЯ СТЕРИЛЬНЫХ ФОРМ ТОМАТА

С. ШОХ, Л. ШУБЕНКО, Ж. ВДОВИЧЕНКО

Белоцерковский национальный аграрный университет,  
г. Белая Церковь, Украина

(Поступила в редакцию 25.06.2021)

*The aim of the study was to identify a valuable source material among available tomato sterile forms for tomato breeding for cold resistance.*

*Materials and methods. The article presents the results of a study of 14 tomato sterile forms for adaptive ability based on a complex trait of cold resistance, the elements of which were determined in field and laboratory conditions. The material was assessed according to a set of features: the increase in plant height, the rate of growth recovery, the duration of the sowing-seedling and seedling-fruit ripening periods. Calculations of the parameters of general adaptive ability, homeostatic and variance of specific adaptive ability of sterile form genotypes by earliness and cold resistance have been performed.*

*Results. The level of general and specific adaptive ability, as well as homeostatic of cold resistance, were determined. Valuable source material has been isolated according to the characteristics of cold resistance in the field and laboratory conditions.*

*The forms Mar ps 59, Mar ps 53 and Sat ps 52 were characterized by highest cold resistance in the laboratory conditions. These lines were characterized by seed germination in the range of 0,3–2,8 %, compared with other sterile forms with the germination 0,1–0,2 %. The increase in plant height under cool conditions in mentioned forms (Mar ps 59, Mar ps 53 and Sat ps 52) was higher (45–54 %) compared with other sterile forms.*

*In the field, the duration of the interphase period «sowing – seedlings» was the shortest in the forms Mar ps 59 and Sat ps 52 compared with other forms studied. Thus, the duration of the period «sowing–germination» in the mentioned forms was 19 and 18 days respectively, against the standard Flora 20 days. The increase in seedling height was 60–80 %, to the same extent with other forms and the standard 74 %.*

*Conclusions. The selected methods for assessing the traits of cold resistance and earliness and mathematical processing of the results allowed us to identify a valuable source material among sterile forms of tomatoes with a high level of adaptability of these traits.*

**Key words:** tomato, cold resistance, earliness, general and specific adaptive ability.

*Целью исследования было выявить ценный исходный материал среди доступных стерильных форм томатов для селекции томатов на холодоустойчивость.*

*Материалы и методы. В статье представлены результаты исследования 14 стерильных форм томатов на адаптивную способность по комплексному признаку холодоустойчивости, элементы которой определены в полевых и лабораторных условиях. Материал оценивали по набору признаков: увеличение высоты растений, скорость восстановления роста, продолжительность периодов созревания посевно-рассадного материала и проростков-плодов. Проведены расчеты параметров общей адаптационной способности, гомеостаза и дисперсии удельной адаптивной способности генотипов стерильных форм по раннеспелости и холодоустойчивости.*

*Полученные результаты. Определяли уровень общей и специфической адаптационной способности, а также гомеостатику холодоустойчивости. Ценный исходный материал выделен по характеристикам хладостойкости в полевых и лабораторных условиях.*

*Наивысшей хладостойкостью в лабораторных условиях характеризовались формы Мар пс 59, Мар пс 53 и Сат пс 52. Эти линии характеризовались всхожестью семян в пределах 0,3–2,8 % по сравнению с другими стерильными формами при всхожести 0,1–0,2 %. Прирост высоты растений в прохладных условиях у указанных форм (Мар пс 59, Мар пс 53 и Сат пс 52) был выше (45–54 %) по сравнению с другими стерильными формами.*

*В поле продолжительность межфазного периода «посев – рассада» была наименьшей у форм Мар пс 59 и Сат пс 52 по сравнению с другими изученными формами. Таким образом, продолжительность периода «посев – прорастание» у указанных форм составила 19 и 18 дней соответственно, против стандартных 20 дней Флоры. Прирост высоты всходов составил 60–80 %, на столько же у других форм и стандарта 74%.*

*Выводы. Выбранные методы оценки признаков холодоустойчивости и раннего созревания, а также математическая обработка результатов позволили выявить ценный исходный материал среди стерильных форм томатов с высоким уровнем адаптивности по этим признакам.*

**Ключевые слова:** томат, холодоустойчивость, раннеспелость, общая и специфическая адаптивная способность.

### Introduction

Most tomatoes are plants of the warm season and should be planted only after the danger of frost has passed. Tomato tolerance to low extreme temperatures is extremely important for the flowering phase and further fruit development. Flowering in the spring will occur if the daytime temperature is warm and the

nighttime temperature does not drop below 13 °C. The temperature of growing tomato seedlings should be maintained at a constant level between 14–16 °C. Seedlings should not be transplanted until the last frosts [1].

Studies to increase the cold resistance of tomatoes using synthetic substances have shown that plant growth regulators reduce the negative effects of low temperatures by increasing the activity of cell membranes and reducing oxidative processes [2].

Complex crosses also contribute to the expansion of the genetic diversity of the original populations. At complex crosses selections on recessive signs can be already begun in the first hybrid generation. The use of complex crosses contributed to the origination of precocious, cold-resistant initial forms with valuable recessive traits, thus varieties Zoren, Flora, Boyan were created [3].

During normal growth and development, plants are exposed to various types of stress, such as drought, heat, ultraviolet light, air pollution and pathogen attack. Most plants receive physiological and biochemical damage due to exposure to temperatures above or below optimal for growth and development. As a result, these injuries are reflected in most metabolic processes, which reduces the ability to grow crops and, consequently, commercial yields [4].

Sterile forms of tomato are used to create heterosis hybrids of the first generation. At the current level of breeding due to the need to reduce the complexity of the hybridization process, the need for sterile forms of tomatoes is growing. The use of male sterility in tomato plants does not require emasculation of flowers and allows to improve and reduce the cost of hybrid seed production.

In tomato plants, several types of sterility are known due to the *ms*, *sl*, *ps* genes: longostilia, functional male sterility (FMS), pollen genetic sterility, stamen sterility, stamenlessness of flowers [5]. The most promising and suitable for mass production of hybrid seeds is FMS caused by the *ps* gene [6].

In our studies we used the phenomenon of functional male sterility (FMS), which is due to morphological deviations from the normal structure of the flower (*ps* gene) [7–9]. To create F<sub>1</sub> hybrids we studied tomato samples with FMS which is characterized by the inability to crack anthers and is controlled by the *ps* gene.

Using the variety John Bear (donor of the *ps* gene) at the Kyiv research station, breeder V.A. Kravchenko created breeding sterile lines using sterility (*ps* gene): Tat *ps*, Kyiv *ps*, Mar *ps*, Sat *ps* and others. Plants of such lines formed 1–2 small fruits on a plant without seeds during the growing season. Compared to other types of sterility the reproduction of such sterile lines is simple.

Cold resistance of plants at the beginning of the growing season and during the functioning of the reproductive organs is important for breeding for heterosis. When creating cold-resistant and early ripening F<sub>1</sub> hybrids, the ability to grow rapidly at low temperatures in the cool early spring period is important. This study is devoted to the identification of valuable source material with good cold resistance traits among available sterile forms.

The research was carried out for 2016-2018 years on the experimental field of Bila Tserkva National Agrarian University in the collection nursery. We studied 14 sterile forms of tomato obtained from the Kyiv research station and created by Professor V.A. Kravchenko.

Establishment of experiments, study and evaluation of sterile forms were carried out in accordance with the [10]. The study was conducted in comparison with the standard Flora variety. Cold resistance was determined by the methods [11, 12].

Calculations of the parameters of general adaptive ability, homeostatic and variance of specific adaptive ability of sterile form genotypes by earliness and cold resistance were performed according to the method of [13, 14]. The obtained results were processed according to the [15].

## Results

The complex trait of cold resistance of sterile forms was evaluated taking into account simple traits that are easy to assess: the number of germinating seeds, the increase in plant height under cold stress and the rate of resumption when returning to favourable conditions in laboratory and field experiments. The forms Mar *ps* 59, Mar *ps* 53 and Sat *ps* 52 were characterized by highest cold resistance in the laboratory conditions (Table 1). These lines were characterized by seed germination in the range of 0,3–2,8 %, compared with other sterile forms with the germination 0,1–0,2 %. The increase in plant height under cool conditions in mentioned forms (Mar *ps* 59, Mar *ps* 53 and Sat *ps* 52) was higher (45–54 %) compared with other sterile forms. The plants quickly recovered growth in the early ontogenesis stages after exposure to low temperatures (10–13 %) at the level of the standard variety Flora (10 %).

In the laboratory the sterile form Mar *ps* 59 was characterized by the highest homeostatic among sterile forms on the trait «seed germination» 0,03, and on the trait «increase in plant height» 1,17, compared to the

standard 0,06 and 0,54 respectively, and on the trait «growth resumption rate» 0,31 (0,11 in the standard).

The adaptive ability of hybrids is a valuable feature in selection for heterosis, so the creation of original sterile forms with high adaptive ability is important for breeding and seed production of tomato heterosis hybrids F<sub>1</sub>. Under conditions of reduced variable temperatures in the laboratory on the basis of traits «seed germination» and «increase of plant height», we identified sterile forms of Mar *ps* 53 and Mar *ps* 59 with general adaptive ability (GAAi) in the range of 0,2–0,9 and variance of specific adaptive ability ( $\sigma$ SAAi) in the range of 0,7–4,0 (Table 1).

Table 1. Evaluation of the traits forming the cold resistance of tomato sterile forms in the laboratory (average for 3 years)

Variety, line	Trait											
	Seed germination				Increase of plant height				Growth resumption rate			
	%	Hom	GAAi	$\sigma$ SAAi	%	Hom	GAAi	$\sigma$ SAAi	%	Hom	GAAi	$\sigma$ SAAi
Flora – standard	6,0	0,06	0,0	1,7	50	0,54	0,1	4,0	10	0,11	0,0	16,1
Sat <i>ps</i> 51	0,5	0,01	-0,1	0,3	43	0,95	-0,1	2,7	9	0,15	2,3	7,0
Mar <i>ps</i> 53	2,0	0,03	0,2	0,7	54	0,66	0,6	4,0	10	0,11	-4,0	1,3
Mar <i>ps</i> 59	2,8	0,03	0,6	1,3	48	1,17	0,9	3,7	12	0,31	-3,4	0,7
Sat <i>ps</i> 52	0,3	0,01	-0,1	0,1	45	0,85	-0,1	2,7	13	0,46	0,2	0,5
LSD <sub>05</sub>	2,1				14,4				4,5			

Note: GAAi – general adaptive ability; Hom – homeostatic;  $\sigma$ SAAi – variance of specific adaptability; LSD<sub>05</sub> – least significant difference at 0,05 significance level

The sterile form Mar *ps* 58 differed from other samples by the highest level of specific adaptive ability on the basis of the «growth resumption rate» of plants in the laboratory, which was 10,3.

The period from sowing to germination is important to determine early maturity and cold resistance. Tomato seeds of sterile forms showed different terms of germination under conditions of low temperatures. Under changing environmental conditions, resistance or instability to cold in the early stages of ontogenesis may not be maintained at the stage of functioning of the reproductive system. Therefore, the definition of cold resistance under the action of low temperatures on the growth and development of seeds and seedlings may not fully reveal the complex cold resistance [12, 16, 17].

To further test for cold tolerance we planted the seedlings to be exposed to periodic early spring cold snaps. When the temperature decreased to – 2 °C, sterile forms of Mar *ps* 59 and Sat *ps* 52 were characterized by high cold resistance (4,8 and 4,3 points respectively) on a 5-point scale in accordance with [10] (Table 2).

Table 2. Homeostatic and adaptive ability of cold resistance traits of tomato sterile forms in the field (average for 3 years)

Variety, line	Sowing - seedlings period				Trait							
	Days	Hom	GAAi	$\sigma$ SAAi	Increase of plant height				Cold resistance of seedlings			
					%	Hom	GAAi	$\sigma$ SAAi	Point	Hom	GAAi	$\sigma$ SAAi
Flora – standard	20	0,67	5,4	0,7	74	1,84	5,0	0,5	2,5	0,09	0,8	0,2
Sat <i>ps</i> 51	21	0,67	0,6	5,3	80	2,84	-1,3	0,0	4,5	0,29	0,4	0,5
Mar <i>ps</i> 53	19	0,40	-0,1	6,0	55	2,14	0,7	1,0	4,0	0,49	-0,1	0,0
Mar <i>ps</i> 59	19	0,40	0,6	7,3	60	1,27	0,7	1,0	4,8	0,19	0,4	0,5
Sat <i>ps</i> 52	18	0,55	1,2	4,7	80	1,41	-1,3	0,0	4,3	0,17	0,2	0,2
LSD <sub>05</sub>	1,8				8,6				1,1			

Note: GAAi – general adaptive ability; Hom – homeostatic;  $\sigma$ SAAi – variance of specific adaptability; LSD<sub>05</sub> – least significant difference at 0,05 significance level

In the field, the duration of the interphase period «sowing – seedlings» was the shortest in the forms Mar *ps* 59 and Sat *ps* 52 compared with other forms studied. Thus, the duration of the period «sowing – germination» in the mentioned forms was 19 and 18 days respectively, against the standard Flora, 20 days. The increase in seedling height was 60–80 %, to the same extent with other forms and the standard, 74 %.

In the field, sterile forms Mar *ps* 53, Sat *ps* 51 were isolated, which had a homeostatic index 0,40 and 0,67 respectively for the period «sowing – seedlings», and 2,14 and 2,84 for the «increase of plant height» (1,84 in the standard Flora). These lines had high homeostatic on the trait of «cold resistance of seedlings», 0,29 and 0,49 compared to the standard, 0,09, and other samples (Table 2). Different meanings in the laboratory and in the field, in our opinion, indicate the dependence of the trait expression on the variability of weather conditions over the years of cultivation.

In the field, the highest level of adaptability was observed in the sterile form Mar *ps* 59 for both general and specific adaptive ability. The value of GAAi was 0,4–0,7 for all three traits, the value of  $\sigma$ SAAi was 0,5–7,3 for all three traits.

## Conclusions

Analysing the traits of cold resistance, we found that sterile forms *Mar ps 59* and *Sat ps 52* have the highest performance in laboratory and field conditions and are the best in terms of cold resistance among the studied lines. This character is valuable for use in breeding for precocious in tomatoes. To create early ripening, cold-resistant heterosis F<sub>1</sub> hybrids, we recommend using them as source forms.

## REFERENCES

1. Grant A. (2020) Tomato Temperature Tolerance: Best Growing Temp For Tomatoes. Gardening Know How. Available at: <https://www.gardeningknowhow.com/edible/vegetables/tomato/growing-temp-for-tomatoes.htm>
2. Astakhova, N. V., Suvorov T.A., Deryabina A.N., Trunov T.I. (2010) Influence of the drug Amerol-2000 on morphological parameters and cold resistance of tomato plants. *Agrokimiya*, 2, 21–25.
3. Kravchenko, V. A. (2014) Methodical approaches to the selection process in vegetable growing. *Novitni Ahrotekhnolohii*, 1 (2), 42–48.
4. Rivero, R. M., Ruiz J. M., García P. C., López-Lefebre L. R., Sánchez E., Romero L. (2001) Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Science*, 160 (2), 315–321. doi: 10.1016/s0168-9452(00)00395-2.
5. Uzun, I. V. (2016) Development of tomato hybrids based on forms of female parents with functional male sterility. *Vegetable crops of Russia*, 1, 24–28. In Russian. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-1-24-28>
6. Miroshnichenko, T. M., Ivchenko T. V. (2013) Thereproduction of sterile forms of tomato for heterosis breeding using biotechnology techniques. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo*, 59, 212–218.
7. Kravchenko, V. A., Kuzemsky A. V. and Ermakova I. V. 1998. Use of functional male sterility in the creation of heterotic tomato hybrids. *Vegetable and melon growing, Ukraine*, 43, 81–87.
8. Simonov, A. A. (1967). Types of sterile tomatoes and their use for obtaining hybrid seeds. *Bulletin of Agricultural Sciences, Moscow*, 2: 27–33.
9. Atanassova, B. (1999). Functional male sterility (*ps-2*) in tomato and its application in breeding and hybrid seed production. *Euphytica*, 107 (1), 13–21. <https://doi.org/10.1023/A:1003527714805>.
10. Methodology of experimental work in vegetable and melon growing. (1992). Moscow: Agropromizdat.
11. Diagnostics of plant resistance to stress. Methodical guidance. (1988). Leningrad (pp. 75–227).
12. Polesskaya, L. M., Zhakote A. G., German M. E. and Kharti V. G. (1991). Diagnostic traits of tomato resistance to low temperatures. *Bulletin of the Academy of Sciences of the Moldavian SSR. Biol. and Chem. Science*, 2, 20–23.
13. Kilchevskiy A. & Khotyleva L. (1985). Methods of assessments of the adaptive abilities and stability of genotypes differentiating the abilities of environment. *Messages 1. Justification of the method. Genetics, USSR*, 21(9), 1481–1490.
14. Kilchevsky, A. V. & Khotyleva L.V. (1985). Methods of assessments of the adaptive abilities and stabilities of genotypes differentiating abilities of the environment. 2. Numerical example and discussion. *Genetics, USSR*, 21(9), 1491–1498.
15. Guidelines for the mathematical processing of the results of counts and observations in breeding and genetic research. (1979). Moscow: Kolos.
16. Polonskiy, V. I. & Kalinina L.M. (1990). Method for determining the cold resistance of tomatoes. *Bulletin of agricultural science, Moscow*, 8, 139–143.
17. Tsaranu, L. A. & Tsaranu M.Kh. (2002). Assessment of the variability of the cold resistance trait in mutants of tomato in a homo- and heterozygous state. *Vegetable and melon growing, Ukraine*, 47, 19–25.

## ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ДЛИНУ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА ЛЮПИНА

**Ю. С. МАЛЫШКИНА, Е. В. РАВКОВ, Д. В. ГАТАЛЬСКАЯ, П. Ю. МАЛЫШКИН**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: yulia1883150@gmail.ru*

*(Поступила в редакцию 01.07.2021)*

*Большинство однолетних возделываемых видов люпина обладают индетерминантным типом роста, поэтому на длину вегетационного периода значительное влияние оказывают метеорологические условия. У люпина белого в большей степени оказывают влияние среднесуточные температуры воздуха, чем количество выпадающих осадков ( $r=0,91$ ), а у люпина желтого она в более сильной степени зависит от этих двух показателей, чем у узколистного (коэффициент корреляции  $r=0,97$  и  $r=0,94$  соответственно), поэтому, среди этих видов желтый, в большей степени склонен к вегетативному израстанию.*

*У люпина желтого изменение среднесуточной температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  за вегетацию существенно влияет на длину вегетационного периода – 19,4 дня, а изменение количества выпадающих осадков на 10 мм изменяет длину вегетационного периода на 7,8 дня. У люпина узколистного изменение среднесуточной температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  изменяет длину вегетационного периода на 12,2 дня, а изменение количества выпадающих осадков на 10 мм изменяет длину вегетационного периода на 2,2 дня. На продолжительность вегетационного периода изучаемых видов люпина сильнее всего оказывает влияние среднесуточная температура воздуха, особенно для желтого и узколистного видов. Данные опытов, а также результаты регрессионного анализа подтверждают, что в северо-восточной части Республики Беларусь целесообразно выращивание сортов люпина белого, желтого и узколистного относящихся к очень ранней, ранней и полуранней группы спелости.*

*Для селекции в качестве источников скороспелости целесообразно использовать у люпина белого образцы БЛ-ДТ-4 и Детер (полуранняя группа спелости); у люпина желтого образцы Бригантина, Булат, Еврантус, Надежный и Престиж (ранняя группа спелости); у люпина узколистного образцы Василек и Талант (очень ранняя группа спелости), Белозерный 110, Витязь, Кристалл, Сидерат 46 (ранняя группа спелости).*

**Ключевые слова:** люпин, регрессионная зависимость, длина вегетационного периода.

*Most of the annual cultivated species of lupine have an indeterminate type of growth; therefore, the length of the growing season is significantly influenced by meteorological conditions. White lupine is more influenced by average daily air temperatures than the amount of precipitation ( $r = 0.91$ ), and yellow lupine is more dependent on these two indicators than narrow-leaved lupine (correlation coefficient  $r = 0.97$  and  $r = 0.94$ , respectively), therefore, among these species, yellow is more prone to vegetative growth.*

*In yellow lupine, a change in the average daily temperature by  $1^{\circ}\text{C}$  during the growing season significantly affects the length of the growing season – 19.4 days, and a change in the amount of precipitation by 10 mm changes the length of the growing season by 7.8 days. In narrow-leaved lupine, a change in the average daily temperature by  $1^{\circ}\text{C}$  changes the length of the growing season by 12.2 days, and a change in the amount of precipitation by 10 mm changes the length of the growing season by 2.2 days. The duration of the growing season of the studied lupine species is most strongly influenced by the average daily air temperature, especially for the yellow and narrow-leaved species. Experimental data, as well as the results of regression analysis, confirm that in the north-eastern part of the Republic of Belarus it is advisable to grow varieties of white, yellow and narrow-leaved lupine belonging to a very early, early and semi-early ripeness group.*

*For selection, it is advisable to use as sources of early maturity white lupine samples BL-DT-4 and Deter (semi-early ripeness group); yellow lupine samples Brigantine, Bulat, Evrantus, Nadezhny and Prestige (early ripeness group); narrow-leaved lupine samples Vasilek and Talant (very early ripeness group), Belozerny 110, Vityaz, Kristall, Siderat 46 (early ripeness group).*

**Key words:** lupine, regression dependence, length of the growing season.

### **Введение**

Для каждой почвенно-климатической зоны и местности нужен адаптивный селекционный материал, который полностью реализует свой потенциал [1].

Изучение исходного материала люпина белого, желтого и узколистного различного эколого-географического происхождения в условиях северо-восточной части Беларуси позволило выявить источники наиболее ценных хозяйственно-полезных признаков и в первую очередь, признак скороспелости для трех видов люпина.

Люпин белый по уровню урожайности значительно превосходит желтый и узколистные виды, а его потенциал продуктивности может достигать 60 ц/га. В настоящее время селекционным путем частично решен целый ряд проблем в селекции люпина белого.

Необходимо учитывать, что для каждой почвенно-климатической зоны и местности нужны адаптивные сорта каждого из возделываемых однолетних видов люпина.

Выведение сортов люпина белого, стабильно созревающих ко второй половине августа в условиях юга и к первой декаде сентября в северной части Республики Беларусь, позволит снять нагрузку в использовании комбайнового парка и мощностей по сушке и доработке семян. Возрождение люпиносеяния в стране будет способствовать решению проблемы обеспечения животноводства дешевым

растительным белком, повышению плодородия почвы, энергосбережению и охране окружающей среды, для чего нужны высокопродуктивные сорта, устойчивые к действию абиотических и биотических факторов.

### Основная часть

Нами была проведена оценка исходного материала видов люпина по хозяйственно полезным признакам. Объектом исследований являлись 30 образцов люпина белого, следующего происхождения: 10 образцов – Россия, 1 образец – Франция, 7 образцов – ЮАР, 1 образец – Украина, 11 образцов – Беларусь. Люпина желтого 13 образцов: 9 образцов – Россия и 4 образца – Беларусь. Люпина узколистного 25 образцов: 8 образцов – Россия, 1 образец – Германия, 5 образцов – Австралия, 11 образцов – Беларусь.

Метеорологические условия 2018–2019 гг. значительно отличались между собой и были относительно неблагоприятными для выращивания люпина из-за весенних заморозков и засухи, сильных и продолжительных дождей в период созревания. При снижении температуры и выпадении осадков замедляется рост и развитие, что приводит к удлинению всех фаз развития растений. Так если среднесуточная температура воздуха становится ниже +14 С, то прохождение фаз у люпина белого приостанавливается и созревание семян затягивается.

В 2018 г. наблюдалась ранневесенняя засуха, что отрицательно сказалось на всхожести семян, затем в летние месяцы наблюдались сильные дожди, что приводило к вегетативному израстанию растений. Метеорологические условия августа и первой декады сентября способствовали тому, что позднеспелые формы люпина белого созрели и были убраны в конце первой декады сентября.

В 2019 г. из-за ранневесенней засухи всходы появились через 3 недели после посева. В фазу цветения недостаток влаги в почве и высокие температуры воздуха приводили к абортности цветков, а в фазу созревания наблюдались продолжительные проливные дожди с более низкими температурами, что способствовало распространению антракноза на люпине и в итоге сказалось на длине вегетационного периода.

Образцы изучаемых видов имели различную продолжительность вегетационного периода (табл. 1).

Таблица 1. Продолжительность вегетационного периода, дн.

Вид люпина	Продолжительность вегетационного периода			
	2018 г. (средняя)	лимиты	2019 г. (средняя)	лимиты
Белый	130	116...150	140	125...172
Желтый	107	105...112	113	110...118
Узколистный	109	100...115	105	98...119

Продолжительность вегетационного периода у образцов люпина белого в среднем за 2 года составила от 121 до 161 дня (табл. 1). В результате проведенной оценки на скороспелость образцы коллекции белого люпина были разделены на пять групп спелости. К полуранней группе (116–125 дней) относятся образцы Детер и БЛ-ДТ-4, у которых образование боковых побегов заблокировано, а в пазухах листьев образуются бобы.

К среднеспелой группе с длиной вегетационного периода 127–135 дней относится большинство образцов российской селекции – СН-1022-09, Мичуринский, Дега, СН-1677-10, белорусской – БЛ-СН-10-3, Мара, БЛ-ДГ-7, Дега (Со<sup>60</sup>), Росбел, БЛ-СН-16-6 и украинской – Пищевой.

К среднепоздней группе (136–145 дней) относятся образцы ЮАР А-СП-1-16Д-1272, А-СП-16Д-1504, А-СП-16Д-79, А-СП-16Д-1396, А-КПД-88, А-СП-16Д-1359, А-СП-16Д-617, российской селекции – КСИ-18Д-5СН-35, Пилигрим, Тип-топ × Детер и белорусской – БЛ-АМИ-18, Эллин. К поздней группе (146–160 дней) можно отнести образцы Алы парус, Деснянский, БЛ-А-1, БЛ-ДС-2 с длиной вегетационного периода 148–158 дней, а к очень поздней группе (161–180 дней) относится сорт Амига с длиной вегетационного периода 161 день [2].

У образцов люпина желтого в среднем за 2 года длина вегетационного периода варьировала от 108 до 115 дней. Все изучаемые образцы относятся к ранней группе спелости [3]. В результате самый короткий вегетационный период в 108 дней имели образцы Бригантина и Булат российской селекции. У образцов Еврантус, Надежный, Престиж вегетационный период составлял 109 дней и 110 дней у образцов Магикан, Новозыбковский 100, ЛЖ-СП-18Д-58 и ЛЖ-СП-18Д-61. Позже всего созревали образцы Ореол (113 дней), 1594-mlsp (113 дней), 1593-ЧП (114 дней) и Владко (115 дней).

У образцов люпина узколистного продолжительность вегетационного периода в среднем за 2 года составила 99–117 дней. Наиболее скороспелыми были образцы белорусской селекции Василек и Та-

лант, которые имеют эпигональный тип ветвления, а длина вегетационного периода составила 99 дней (очень ранняя группа спелости). Образцы относящиеся к ранней группе спелости Альянс, Жодинский, Ян, Добрыня имели длину вегетационного периода в 107 дней. У контрольного сорта Миртан она составила 111 дней. Более длительный вегетационный период 115 дней имел сорт Ванюша (ранняя группа спелости) и 117 дней сорт Щучинский 470 (полуранняя группа спелости) [4].

У образцов российской селекции более скороспелыми были Белозерный 110, Витязь, Кристалл, Сидерат 46, у которых длина вегетационного периода составила 104 дня (ранняя группа спелости). Образцы Смена и Снежеть созревали на 4 дня раньше, чем Белорозовый 144 и Брянский кормовой, у которых длина вегетационного периода была одинакова с контролем.

Таким образом, все изучаемые сорта люпина узколистного относятся к очень ранней, ранней и полуранней группе и на северо-востоке Беларуси созревают в более благоприятных климатических условиях, чем более поздние.

На длину вегетационного периода значительное влияние оказывают метеорологические условия, у люпина белого в большей степени оказывают влияние среднесуточные температуры воздуха, чем количество выпадающих осадков, а у люпина желтого она в сильной степени зависит от этих двух показателей, чем у узколистного (коэффициент корреляции  $r = 0,97$  и  $r = 0,94$  соответственно), поэтому среди этих видов желтый люпин склонен к более сильному израстанию. Данную зависимость подтверждает корреляционный и регрессионный анализ (табл. 2).

Таблица 2. Уравнение регрессии и множественный коэффициент корреляции люпина белого, желтого и узколистного

Вид люпина	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции $r$
Белый	$Z = 139 - 3,06 \cdot X + 0,12 \cdot Y$	0,91
Желтый	$Z = 227,3 - 19,4 \cdot X + 0,78 \cdot Y$	0,97
Узколистный	$Z = 248,6 - 12,2 \cdot X + 0,22 \cdot Y$	0,94

Примечание: где  $Z$  – продолжительность вегетационного периода, дней;  $X$  – средняя суточная температура воздуха за исследуемый период, °C;  $Y$  – суммарное количество осадков за исследуемый период, мм.

Графическое представление регрессионной зависимости представлено в виде поверхности отклика для люпина белого (рис. 1), желтого (рис. 2) и узколистного (рис. 3).

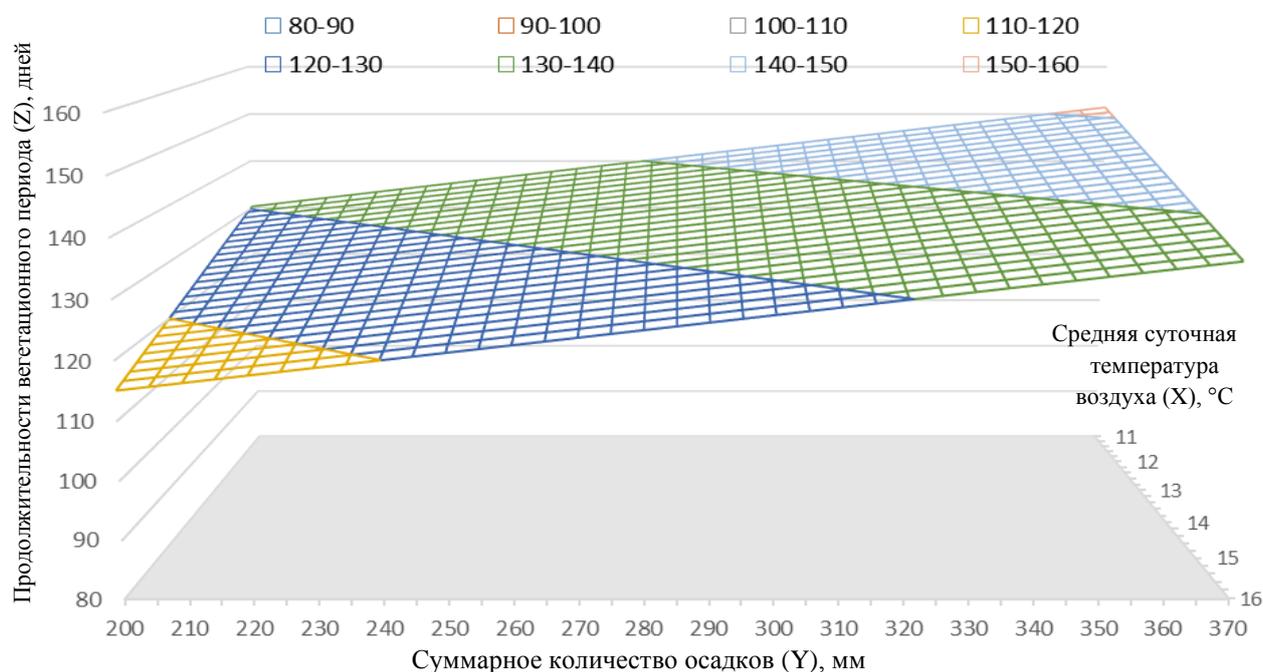


Рис. 1. Поверхность отклика влияния среднесуточных температур воздуха и суммы осадков на длину вегетационного периода люпина белого

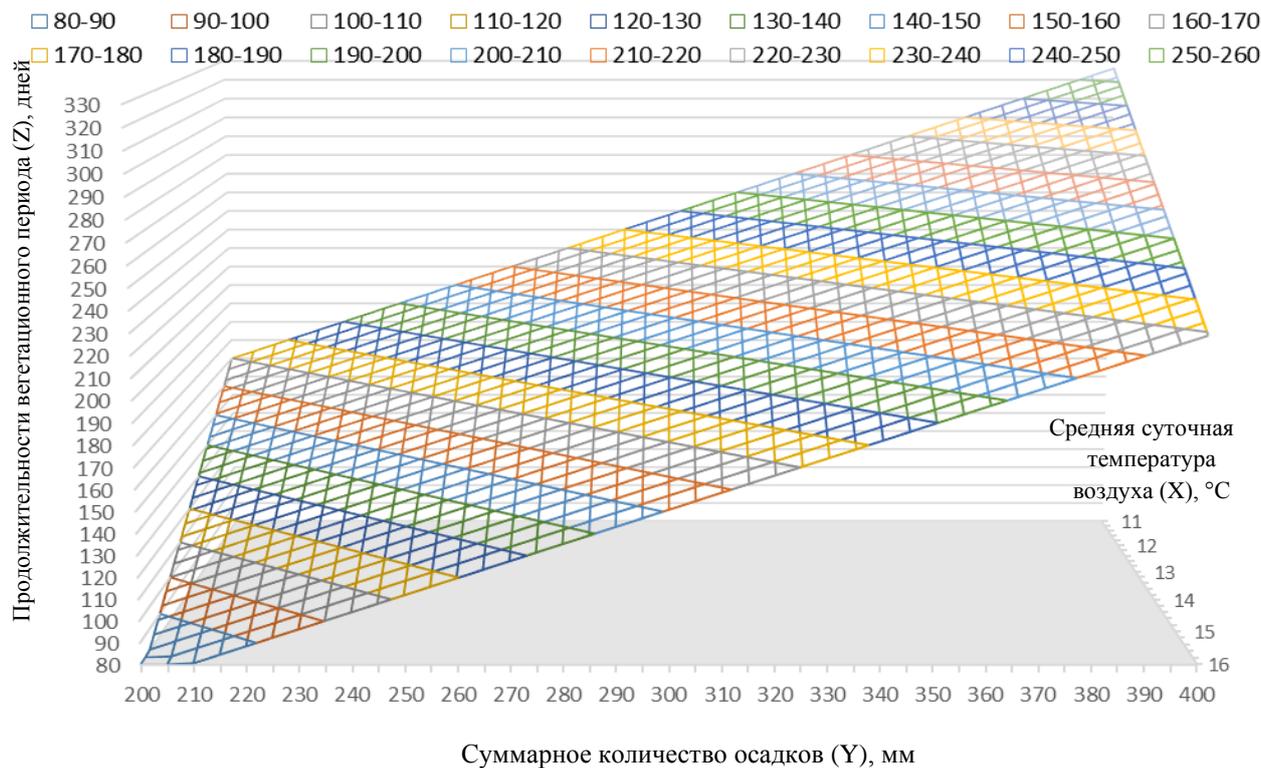


Рис. 2. Поверхность отклика влияния среднесуточных температур воздуха и суммы осадков на длину вегетационного периода люпина желтого

У люпина узколистного изменение среднесуточной температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  изменяет длину вегетационного периода на 12,2 дня, а изменение количества выпадающих осадков на 10 мм изменяет длину вегетационного периода на 2,2 дня. Данные опытов и результаты регрессионного анализа подтверждают о целесообразности возделывания сортов люпина по среднеспелую группу, которые стабильно вызревают в условиях северной части республики.

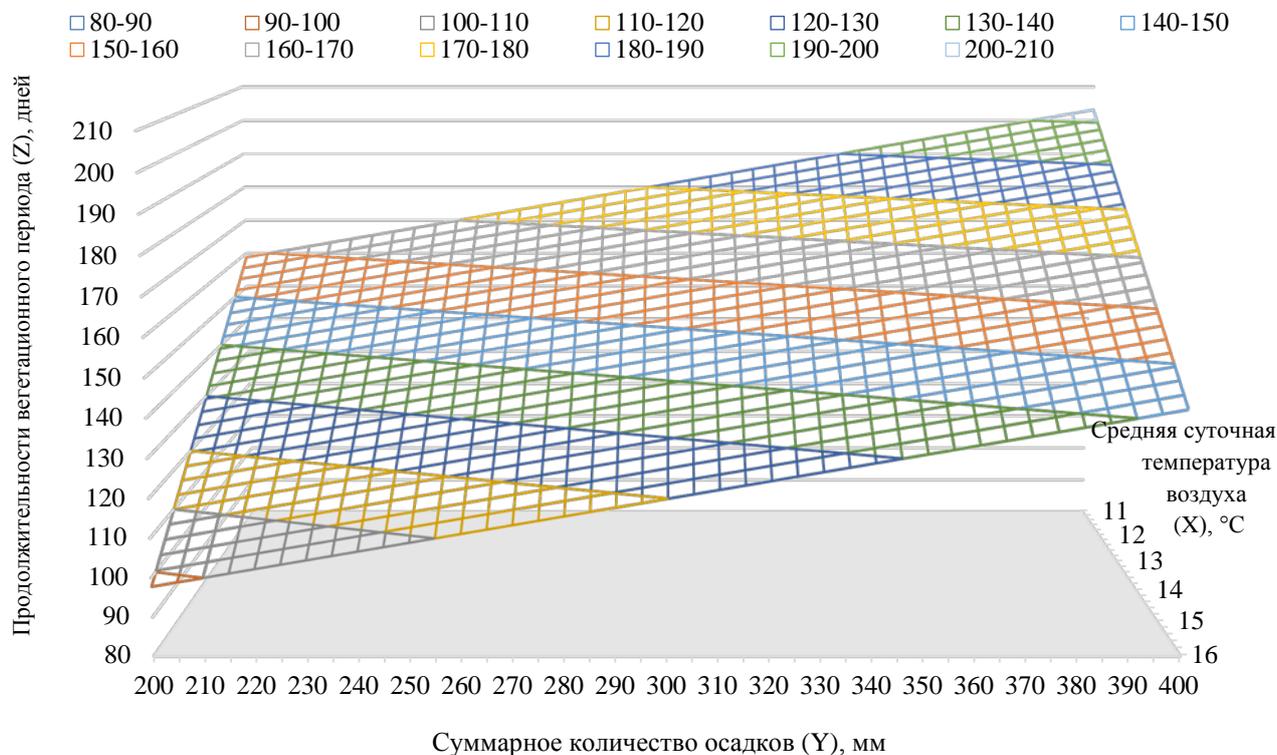


Рис. 3. Поверхность отклика влияния среднесуточных температур воздуха и суммы осадков на длину вегетационного периода люпина узколистного

Проведенный анализ полученной регрессионной зависимости для люпина белого показал, что изменение среднесуточной температуры на 1°C изменяет длину вегетационного периода на 3,1 дня, а изменение количества выпадающих осадков на 10 мм изменяет длину вегетационного периода на 1,2 дня.

Например, у люпина желтого изменение среднесуточной температуры на 1 °С за период вегетации существенно влияет на длину вегетационного периода – 19,4 дня, а изменение количества выпадающих осадков на 10 мм изменяет длину вегетационного периода на 7,8 дня.

#### **Заключение**

Таким образом, согласно регрессионному анализу в северо-восточной части Республики Беларусь возможно выращивание сортов люпина белого, желтого и узколистного относящихся к очень ранней, ранней и полуранней группе спелости.

Для селекции в качестве источников скороспелости целесообразно использовать: люпина белого образцы БЛ-ДТ-4 и Детер (полуранняя группа спелости), а также 11 перспективных образцов БЛ-СН-10-3, СН-1022-09, Мичуринский, Дега, СН-1677-10, Мара, БЛ-ДГ-7, Дега (Со<sup>60</sup>), Росбел, БЛ-СН-16-6, Пищевой (среднеспелой группы спелости) стабильно вызревающие в северо-восточной части Республики; люпина желтого – образцы Бригантина, Булат, Еврантус, Надежный и Престиж (ранняя группа спелости); люпина узколистного – образцы Василек и Талант (очень ранняя группа спелости).

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Вишнякова, М. А. Генотип зернобобовых культур и адаптивная селекция как факторы биологизации и экологизации растениеводства / М. А. Вишнякова // с.-х. биология. – 2008. – № 3. – С. 3–23.
2. Малышкина, Ю. С. Мониторинг коллекции белого люпина в условиях северо-востока Беларуси / Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков, М. И. Лукашевич // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2020. – № 2. – С. 84–90.
3. Малышкина, Ю. С. Результаты оценки коллекции желтого люпина в условиях северо-востока Беларуси к антракнозу / Ю. С. Малышкина, Д. В. Гатальская, Е. В. Равков // Вестн. Вятской гос. с.-х. акад. – 2020. – №3. – С.1–12.
4. Гатальская, Д. В. Селекция желтого люпина на семенную продуктивность и резистентность к антракнозу / Д. В. Гатальская, Ю. С. Малышкина, Е. В. Равков // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2020. – № 3. – С. 117–120.

## ОЦЕНКА АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Н. Н. КУТИЩЕВА, Л. И. ШУДРЯ, С. И. ОДИНЕЦ

Институт масличных культур НААН Украины  
пос. Солнечное, Украина, 70417

(Поступила в редакцию 01.07.2021)

В статье представлены результаты двенадцатилетнего испытания трёхлинейного гибрида Каменяр и двух простых гибридов Регион и Рябота. Установлено, что одни и те же признаки у разных гибридов имели разную выраженность в отдельные годы. Так, максимальная урожайность у гибрида Каменяр была в 2009 г. (3,7 т/га), а у Региона и Ряботы в – 2013 г. (3,8 т/га и 3,6 т/га соответственно). Минимальный урожай был получен в 2012 г. у Каменяра (0,8 т/га), и в 2017 г. у Региона и Ряботы (1,2 т/га и 1,0 т/га соответственно). Самым благоприятным для получения урожая семян подсолнечника был 2013 г., средняя урожайность гибридов составила 3,6 т/га, выход масла с единицы площади в -1,79. Самым неблагоприятным для выращивания культуры был 2012 г. Средняя для трех гибридов урожайность составила 1,1 т/га. Самой низкой она была у трёхлинейного гибрида Каменяр и составила 0,8 т/га. Это объясняется необычно высокими для степной зоны Украины температурами, когда сумма активных температур составила 141,9 °С, что на 34,1 °С выше типичных для данной зоны показателей. Установлено, что повышение температуры снижает урожайность. Коэффициент корреляции этих показателей составляет -0,392 у гибрида Каменяр, -0,148 у гибрида Регион, -0,237 у гибрида Рябота и получения масла с единицы площади (соответственно -0,367, -0,131, -0,158). Сумма осадков отрицательно коррелирует с урожайностью (коэффициенты корреляции у гибрида Каменяр -0,162, у гибрида Регион -0,024, у гибрида Рябота -0,057), масличностью (-0,008, -0,154, -0,308) и получением масла с гектара (-0,152, -0,039, -0,134). Гидротермический коэффициент также имеет отрицательную корреляцию с урожайностью (-0,100, -0,005, -0,017), масличностью (-0,010, -0,155, -0,408) и получением масла с гектара (-0,096, -0,024, -0,115).

**Ключевые слова:** подсолнечник, осадки, температура воздуха, гидротермический коэффициент, урожай, масличность семян.

The article presents results of the twelve-year testing of a three-line hybrid Kamenyar and two simple hybrids Region and Ryabota. It was found that the same traits in different hybrids had different manifestation in certain years. So, the maximum yield of the Kamenyar hybrid was in 2009 (3.7 t / ha), and that of the Region and Ryabota – in 2013 (3.8 t / ha and 3.6 t / ha, respectively). The minimum yield of Kamenyar was obtained in 2012 (0.8 t / ha), and of the Region and Ryabota – in 2017 (1.2 t / ha and 1.0 t / ha, respectively). The most favorable year for obtaining a harvest of sunflower seeds was 2013, the average yield of hybrids was 3.6 t / ha, the yield of oil per area unit was -1.79. The most unfavorable year for the crop growing was 2012. The average yield for the three hybrids was 1.1 t / ha. It was the lowest in the three-line hybrid Kamenyar and amounted to 0.8 t / ha. This is due to the unusually high temperatures for the steppe zone of Ukraine, when the sum of active temperatures was 141.9 °C, which is 34.1 °C higher than the indicators typical for this zone. It has been found that an increase in temperature reduces yield. The correlation coefficient of these indicators is -0.392 for the Kamenyar hybrid, -0.148 for the Region hybrid, -0.237 for the Ryabota hybrid and the production of oil per area unit (respectively -0.367, -0.131, -0.158). The amount of precipitation negatively correlates with yield (correlation coefficients for the Kamenyar hybrid is -0.162, for the Region hybrid -0.024, for the Ryabota hybrid -0.057), oil content (-0.008, -0.154, -0.308) and oil production per hectare (-0.152, -0.039, -0.134). The hydrothermal coefficient also has a negative correlation with yield (-0.100, -0.005, -0.017), oil content (-0.010, -0.155, -0.408) and oil production per hectare (-0.096, -0.024, -0.115).

**Key words:** sunflower, precipitation, air temperature, hydrothermal coefficient, yield, oil content of seeds.

### Введение

Украина – страна, являющаяся одним из основных сельскохозяйственных регионов планеты. При этом ни одна отрасль народного хозяйства не связана так с погодными условиями, как аграрное производство. Основными факторами, от которых зависит урожай, являются плодородие почвы, количество осадков, выпавших за вегетационный период, и температура. Для степной зоны, в которой расположен наш институт, наиболее типичными почвами являются черноземы обыкновенные, имеющие высокое потенциальное плодородие. Климат запорожского региона континентальный, с выраженными в летний период суховеями, по условиям обеспеченности влагой территория относится к засушливой зоне. Характерно сочетание избытка тепла с недостатком влаги, что является основным лимитирующим фактором для выращивания сельскохозяйственных культур. Поэтому к климату и погоде необходимо относиться не только как к природным явлениям, а как к экономическим факторам, влияющим на качество и формирование урожая сельскохозяйственных культур [1, с.132, 133], [2, с. 146–148].

В 2012 и 2013 гг. температурные режимы достигали аномальных критериев весеннего периода (2–5°С, именно на такое количество градусов средняя температура воздуха апреля – мая была выше нормы). За весь период метеонаблюдений (для разных метеостанций от 80 до 150 лет) аномалии такого уровня не отмечались [3, с. 6].

Приведенные данные наглядно демонстрируют климатические изменения, которые происходят в Украине. В различных регионах страны температура за последние сто лет повысилась на 1–1,5 градуса. Степная часть Украины всегда страдала от дефицита осадков, особенно в летний период, а сейчас этот дефицит увеличивается. Из последних десяти лет восемь были с засушливым летне–осенним и раннеосенним периодом [4].

Объект нашего исследования – подсолнечник. Опыт многолетнего выращивания его в Украине при значительных колебаниях суммы эффективных температур и других метеорологических показателей свидетельствует о высокой экологической пластичности растения [5, с.28, 30, 46]. Учитывая то, что в природе стабильно прослеживаются отклонения в температурном режиме, приводящие к значительным потерям урожая, создание засухоустойчивых линий и гибридов подсолнечника является очень актуальным.

Целью нашей работы является исследование формирования основных хозяйственных показателей у гибридов подсолнечника в зависимости от агроклиматических условий года.

#### Основная часть

Исследования проводили на полях Института масличных культур (г. Запорожье) в селекционном севообороте. Данные температурного режима, частота и количество осадков 2007–2018 годов измерялись на метеопосту ИМК НААН. К изучению были привлечены гибриды с различным периодом вегетации. Простой гибрид Регион и трехлинейный Каменяр имеют два одинаковые компонента родительских форм, а именно линии ЗЛ42А и ЗЛ678В. Третий гибрид – Рябота имеет более короткий вегетационный период и другие родительские компоненты – ЗЛ165А и ЗЛ2254В. Опыт закладывали по методике Доспехова Б.А. [6, с. 28–29, 36, 38, 39], Схема посева 70х35 см, по одному растению в гнезде. Участки шестирядковые, длиной 8,4 метра, общая площадь участка 50,4 м<sup>2</sup>, учетная 28,0 м<sup>2</sup>.

Гидротермический коэффициент рассчитывался по методике Сеянинова Г.Т. [7, с. 179] за вегетационный период подсолнечника (апрель - сентябрь = 183 суток).

$$ГТК = \frac{\sum P}{\sum t:10};$$

где:  $\sum P$  – сумма осадков за месяц, мм.

$\sum t:10$  – сумма температур в градусах Цельсия за период со среднесуточными температурами выше 10° С (в пределах того же периода).

Последствия изменения климата вполне реальны. Если мы хотим обеспечить продовольственную безопасность страны, то сельскохозяйственной отрасли необходимо принять меры к адаптации выращиваемых культур к изменениям климата. Ведь в зоне сухой Степи, к которой относится Запорожская область, подсолнечник реализует свой генетический потенциал урожайности на 45 %, и в засушливые годы эффективность производства семян подсолнечника уменьшается почти в 1,6 раза по сравнению с благоприятными [2, с. 158].

В данной работе мы проанализировали как климатические особенности лет, в которые проходили исследования, так и реакцию на них гибридов подсолнечника селекции ИМК. Погодные данные вегетационного периода подсолнечника за годы испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1. Погодные особенности вегетационного периода гибридов подсолнечника (2007–2018 гг.)

Годы исследований	$\sum$ температур (t°С)	$\pm \kappa$ с/многолетней	$\sum$ осадков (мм)	$\pm \kappa$ с/многолетней	Гидротермический коэф- фициент
2007	130,0	+22,2	176,5	-67,5	0,136
2008	123,2	+15,4	277,5	+33,5	0,225
2009	121,3	+13,5	195,8	-48,2	0,161
2010	132,1	+24,3	218,0	-26,0	0,165
2011	125,7	+17,9	143,5	-100,5	0,114
2012	141,9	+34,1	259,0	+15,0	0,182
2013	128,0	+20,2	210,5	-33,5	0,164
2014	126,5	+18,7	285,9	+41,9	0,226
2015	131,9	+24,1	341,5	+97,5	0,259
2016	129,0	+21,2	207,0	-37,0	0,160
2017	121,5	+13,7	242,1	-1,9	0,199
2018	127,4	+19,6	266,0	+22,0	0,209
<i>Средняя за 12 лет</i>	<i>128,2</i>	<i>+20,4</i>	<i>235,3</i>	<i>-8,7</i>	<i>0,183</i>
<i>Средняя многолетняя</i>	<i>107,8</i>	<i>-</i>	<i>244,0</i>	<i>-</i>	<i>0,226</i>

Из таблицы видно, что сумма активных температур за вегетационный период подсолнечника (апрель – сентябрь) в годы испытаний постоянно превышала многолетние показатели, в то время как количество осадков значительно колебалось.

Анализ климатических данных, полученных за годы наблюдений, показал, что температурные показатели стабильно были выше, чем в прошлые годы и превышали средние многолетние на 13,5–34,1° С. Наиболее прохладным оказался 2009 год, когда суммарная температура апреля–сентября достигла только 121,3 °С, что составляло лишь 85,48 % от показателей 2012 года. И при этом даже в 2009 году значение температуры на 13,5° С превышали среднестатистические показатели.

Что касается количества осадков, то самым засушливым был 2011 год, когда за вегетационный период выпало лишь 143,5 мм осадков – это на 100,5 мм меньше средних многолетних значений, а наиболее влажным оказался 2015-й, когда за то же время выпало 341,5 мм, что на 97,5 мм превысило типичные для нашего региона показатели. Если сравнить влагообеспечение растений, то суммарное количество осадков за вегетационный период в 2011 году составила 42,02 % от показателей 2015 года. Все это не могло не отразиться на гидротермическом коэффициенте, который из-за повышения температур почти постоянно имел значение ниже типичных для нашей зоны.

В этой статье представлены результаты двенадцатилетних испытаний трех гибридов лаборатории селекции межлинейных гибридов ИМК НААНУ и проведен анализ их приспособленности к происходящим изменениям климата. Исследования были проведены на простых гибридах Регион и Рябота и трёхлинейном гибриде Каменяр. Колебания их основных хозяйственно ценных характеристик по годам испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2. Изменения основных хозяйственно-ценных характеристик гибридов подсолнечника по годам (2007–2018 гг.)

Год	Каменяр			Регион			Рябота		
	Урожай, т/га	Масличность семян, %	Выход масла, т/га	Урожай, т/га	Масличность семян, %	Выход масла, т/га	Урожай, т/га	Масличность семян, %	Выход масла, т/га
2007	2,30	50,0	1,15	1,83	49,27	0,90	1,62	48,23	0,78
2008	2,45	45,39	1,11	2,22	46,38	1,03	2,93	40,39	1,18
2009	3,71	51,37	1,91	2,46	51,19	1,26	2,39	51,24	1,23
2010	2,93	50,24	1,47	2,71	52,53	1,42	2,57	48,75	1,25
2011	2,78	50,01	1,39	2,66	49,33	1,31	2,48	48,58	1,21
2012	0,81	47,46	0,38	1,19	47,22	0,56	1,15	48,76	0,56
2013	3,33	49,97	1,66	3,80	50,54	1,92	3,59	49,56	1,78
2014	1,95	51,63	1,01	2,22	50,78	1,13	1,70	44,29	0,75
2015	3,08	52,41	1,62	2,99	51,36	1,54	2,45	50,46	1,24
2016	2,34	49,76	1,16	2,51	51,84	1,30	2,11	47,07	0,99
2017	1,32	49,14	0,65	1,22	49,59	0,61	1,04	41,72	0,43
2018	3,15	48,87	1,54	2,93	46,88	1,37	2,62	41,91	1,10
<b>Среднее</b>	<b>2,51</b>	<b>49,69</b>	<b>1,25</b>	<b>2,40</b>	<b>49,74</b>	<b>1,20</b>	<b>2,22</b>	<b>46,75</b>	<b>1,04</b>

Данные табл. 2 показывают, что наиболее благоприятным для получения урожая семян подсолнечника был 2013 год. Средняя урожайность тогда составила 3,57 т/га с колебаниями от 3,33 т/га у Каменяра до 3,80 т/га у Региона, урожайность гибрида Рябота имела промежуточный характер и составляла 3,59 т/га, что почти равнялось среднему для трех гибридов показателю. Также в этом году максимальным за годы испытаний был выход масла с единицы площади. На основании этого можно сделать вывод, что погодные особенности именно 2013 года были наиболее благоприятными для выращивания подсолнечника в нашей зоне. И это при том, что суммарное количество осадков, выпавших с апреля по сентябрь, было на 33,5 мм меньше среднегодовых значений, а гидротермический коэффициент составил лишь 0,164, когда стандартным его значением для нашей зоны является 0,226.

В целом год имел средние климатические параметры – сумма активных температур составила 128,0 °С (среднее – 128,2 °С с варьированием от 121,3 °С в 2009 г до 141,9 °С в 2012); количество осадков – 210,5 мм (средняя – 235,3 мм, с колебаниями от 143,5 мм в 2011 г до 341,5 мм в 2015); гидротермический коэффициент – 0,164 (средний 0,183, минимальный 0,114 в 2011 г., максимальный 0,259 в 2015) решающее значение имело распределение осадков.

Осадки, выпавшие в мае и июне 2013 года, создали условия для первоначального роста и развития растений, а июльские дожди оказались очень своевременными для цветения растений и налива семян. Очевидно, что не количество осадков, а именно время, когда выпали дожди, имело решающее значение для формирования урожая.

Несколько менее благоприятными для выращивания подсолнечника были 2018 г. (средняя урожайность 2,90 т/га), 2009 (2,86 т/га), 2015 (2,84 т/га). В эти годы только гибрид Каменяр имел уро-

жайность выше 3,0 т/га – 3,08 т/га в 2015 году, 3,15 т/га в 2018, а наивысшую за все годы испытаний он показал в 2009 году – 3,71 т/га. Более высокую по сравнению с двумя другими гибридами урожайность Каменьяра в 2018 году можно объяснить несколько большей продолжительностью его вегетации – в среднем 100 суток, в то время как у Региона она составила 99 суток, у Ряботы – 92 суток, а также тем, что Каменьяр является генетически более изменчивым, чем гибриды Регион и Рябота.

Самым неблагоприятным для выращивания культуры был 2012 год. Растения имели наименьшие усредненные значения урожайности и, как следствие, выход масла с единицы площади. На наш взгляд, это объясняется большой разницей погодных условий. Так, 2012 год был самым жарким за годы испытаний – сумма активных температур составила 141,9 °С, что было на 34,1 °С выше средней многолетней. Это произошло из-за того, что высокие температуры при незначительно лучшем, чем обычно влагообеспечении – 259 мм осадков (гидротермический коэффициент составил 0,182) подавляли рост и развитие растений.

Несмотря на меньшее количество осадков в 2013 году (210,5 мм, гидротермический коэффициент 0,164) распределение их было более равномерным и значительная часть выпала в июле во время цветения подсолнечника, а не в августе, как в 2012 году (общее количество осадков за вегетацию 259,0 мм, гидротермический коэффициент 0,182).

Анализ корреляционных связей погодных факторов с показателями продуктивности показал существенные различия в реакции различных гибридов и в целом очень незначительную их взаимосвязь (табл. 3).

Таблица 3. Корреляция климатических факторов с различными показателями гибридов подсолнечника

Гибриды	Показатели	∑ температур (t° С)	∑ осадков (мм)	Гидротермический коэффициент
Каменьяр	Урожай, т/га	-0,392	-0,162	-0,100
	Масличность семян, %	-0,066	-0,008	-0,010
	Выход масла, т/га	-0,367	-0,152	-0,096
Регион	Урожай, т/га	-0,148	-0,024	-0,005
	Масличность семян, %	-0,061	-0,154	-0,155
	Выход масла, т/га	-0,131	-0,039	-0,024
Рябота	Урожай, т/га	-0,237	-0,057	-0,017
	Масличность семян, %	0,391	-0,308	-0,408
	Выход масла, т/га	-0,158	-0,134	-0,115

Данные, приведенные в табл. 3, оказались достаточно неожиданными. Из них видно, что не существует ни одного универсального показателя, по которому можно было бы спрогнозировать, какими будут хозяйственные характеристики выращиваемых гибридов. У гибрида Каменьяр коэффициент корреляции урожайности с суммой активных температур составлял -0,392, суммой осадков -0,162, ГТК -0,100; у Региона -0,148, -0,024 и -0,005 соответственно; у Ряботы -0,237, -0,057, -0,017. А коэффициенты корреляции выхода масла с гектара были -0,367 с суммой температур, -0,152 с суммой осадков и -0,096 с гидротермическим коэффициентом у Каменьяра; соответственно -0,131, -0,039 и -0,024 у Региона и -0,158, -0,134 и -0,115 у гибрида Рябота.

Полученные данные свидетельствуют о том, что определяющим является лишь то, какие условия действуют на растения во время прохождения ими определенных стадий органогенеза.

Что же до того, как гибриды показали себя за 12 лет изучения, то наивысшую среднюю урожайность показал гибрид Каменьяр – 2,51 т семян с гектара, у гибрида Регион этот показатель равнялся 2,40 т/га, а у гибрида Рябота – 2,22 т/га. Масличность семян у гибридов Каменьяр и Регион была почти одинаковой – 49,69 % и 49,74 %, у Ряботы этот показатель был немного ниже – 46,75 %. Средний многолетний выход масла составлял у Каменьяра 1,25 т/га, у Региона – 1,20 т/га и у Ряботы 1,04 т/га.

### Закключение

1. В статье представлены результаты двенадцатилетнего испытания трех гибридов (Каменьяр, Регион и Рябота) лаборатории селекции межлинейных гибридов подсолнечника ИМК НААНУ.

2. Проанализировано влияние климатических факторов, таких как количество осадков за вегетационный период, сумма активных температур и гидротермический коэффициент на формирование хозяйственно ценных показателей.

3. Самым благоприятным для получения урожая семян подсолнечника был 2013 год (∑ температур (t°С) - 128,0, ∑ осадков (мм) – 210,5, гидротермический коэффициент - 0,164). Средняя урожайность тогда составила 3,57 т/га с колебаниями от 3,33 т/га у Каменьяра до 3,80 т/га у Региона. Также в этом году максимальным за годы испытаний был выход масла с единицы площади.

4. Самым неблагоприятным для выращивания культуры был 2012 год ( $\Sigma$  температур ( $t^{\circ}\text{C}$ ) - 141,9,  $\Sigma$  осадков (мм) - 259,0, гидротермический коэффициент - 0,182). Средняя для трех гибридов урожайность того года составила 1,05 т/га. Самой низкой она была у трёхлинейного гибрида Каменяр и составила 0,81 т/га. Это объясняется необычно высокими для нашей местности температурами, когда сумма активных температур составила 141,9 $^{\circ}\text{C}$ , что на 34,1 $^{\circ}\text{C}$  выше типичных для этой зоны показателей.

5. Установлено, что повышение температуры снижает урожайность. Коэффициент корреляции этих показателей составляет -0,392 у гибрида Каменяр, -0,148 у гибрида Регион, -0,237 у гибрида Рябота и получения масла с единицы площади (-0,367, -0,131, -0,158).

6. Сумма осадков отрицательно коррелирует с урожайностью (коэффициенты корреляции у гибрида Каменяр -0,162, у гибрида Регион -0,024, у гибрида Рябота -0,057), масличностью (-0,008, -0,154, -0,308) и получением масла с гектара (-0,152, -0,039, -0,134).

7. Гидротермический коэффициент также имеет отрицательную корреляцию с урожайностью (-0,100, -0,005, -0,017), масличностью (-0,010, -0,155, -0,408) и получением масла с гектара (-0,096, -0,024, -0,115).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Макляк, К. М. Особливості мінливості жирно кислотного складу олії гібридів соняшнику залежно від температури повітря / К. М. Макляк, Б. Ф. Вареник, Н. М. Кутіщева // Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області, Харків 2014, вип. 17, С.129–138.

2. Макляк, К. М. Вплив добових перепадів температури повітря на жирно кислотний склад олії насіння гібридів соняшнику / К. М. Макляк, Б. Ф. Вареник, Н. М. Кутіщева // Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області, Харків 2015, вип. 18, С.144–151.

3. Прокопенко, А. Якщо взимку не буде екстремальних погодних умов, то цьогорічний врожай збіжжя перевершить торішній / А. Прокопенко // Зерно і хліб. – 2013. – № 1. – С. 6–8.

4. Климат Украины меняется и все больше начинает напоминать греческий. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [ro-goda.govno.ua/klimat-ukrainy-...](http://ro-goda.govno.ua/klimat-ukrainy-...)

5. Фурсова, А. К. Биология семяобразования подсолнечника / А. К. Фурсова // Харьк. гос. аграр. ун-т. Харьков, 1993, 199с.

6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта. / Б.А. Доспехов – М.: Колос, 1979. – 419с.

7. Чирков, Ю. И. Основы метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 248 с.

8. Єременко, О. А., Калитка В. В. Урожайність соняшнику залежно від агрометеорологічних умов Запорізької області. / Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН, № 24, 2017: 156–165.

## ПРОДУКТИВНОСТЬ И СТРУКТУРА КОМПОНЕНТОВ ДВОЙНОГО МЕЖЛИНЕЙНОГО ГИБРИДА КУКУРУЗЫ ПОЛЕССКИЙ 212СВ

О. С. РАДОВНЯ

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь,  
г. Минск, Республика Беларусь 220030, e-mail: wladrad@tut.by

В. И. КРАВЦОВ

РНДУП «Полесский институт растениеводства»,  
аг. Кричиный, Республика Беларусь 247781, e-mail: mzpolfj@mail.gomel.by

В. А. РАДОВНЯ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь 213407, e-mail: wladrad@tut.by

(Поступила в редакцию 05.07.2021)

Двойные межлинейные гибриды кукурузы представляют собой сложные генетически гетерогенные популяции, вследствие чего уступают по продуктивности простым гибридам, но более стабильны в семеноводстве и адаптированы к неблагоприятным факторам внешней среды.

В 2010 г. в РНДУП «Полесский институт растениеводства» изучена продуктивность и структура компонентов двойного межлинейного гибрида кукурузы Полесский 212 СВ, у которого родительские линии имеют выраженные маркерные признаки (тип зерна, окраска зерна и стержня початка). По данным признакам в гибриде выделено 18 групп компонентов. Установлена непрерывная изменчивость основных количественных признаков у основных компонентов популяции. Средневзвешенная продуктивность растений в популяции составила 103,8 г/растение. Встречаемость основных зубовидно-кремнистых и кремнисто-зубовидных компонентов составляет 75 % со средней продуктивностью зерна 110,1 г/растение. Встречаемость малопродуктивных генотипов с зерновой продуктивностью < 75 г/растение составила: 0,03 у зубовидных форм, 0,01 – у зубовидно-кремнистых, 0,05 – у кремнисто-зубовидных, 0,1 – у кремнистых. Растений, полностью схожих по фенотипу с материнской линией В 33с не обнаружено.

Предлагается у всех двойных межлинейных гибридов кукурузы изучить продуктивность и стабильность их компонентов, выделенных у электрофоретическим спектром запасных белков, что позволит прогнозировать потенциальную урожайность партий семян с различной гибриднойностью.

**Ключевые слова:** кукуруза, двойной межлинейный гибрид, зубовидная и кремнистая формы, продуктивность.

Double interline maize hybrids represent complex genetically heterogeneous populations, as a result of which they are inferior in productivity to simple hybrids, but are more stable in seed production and adapted to unfavorable environmental factors.

In 2010, the Polesskiy Institute of Plant Growing studied the productivity and structure of the components of the Polesskiy 212 SV double interline hybrid corn, in which the parental lines have pronounced marker features (type of grain, color of grain and cob core). According to these characteristics, 18 groups of components were identified in the hybrid. The continuous variability of the main quantitative traits in the main components of the population has been established. The weighted average plant productivity in the population was 103.8 g / plant. The occurrence of the main odontoid-siliceous and siliceous-toothed components is 75% with an average grain productivity of 110.1 g / plant. The incidence of unproductive genotypes with grain productivity <75 g / plant was: 0.03 in odontoid forms, 0.01 in odontoid-siliceous, 0.05 in siliceous-toothed, 0.1 in siliceous. Plants completely similar in phenotype to the В 33s maternal line were not found.

For all double interline maize hybrids, it is proposed to study the productivity and stability of their components isolated from the electrophoretic spectra of storage proteins, which will make it possible to predict the potential yield of seed lots with different hybridities.

**Key words:** corn, double interline hybrid, tooth-like and siliceous forms, productivity.

### Введение

Считается, что двойные межлинейные гибриды ( $A_{\text{ЦМС}} \times B$ )  $\times$  ( $C \times D_{\text{Rf}}$ ) менее продуктивны, чем простые и тройные межлинейные гибриды. Вместе с тем, данная формула гибридов позволяет в короткие сроки создавать новые коммерческие гибриды за счет включения в формулу новых самоопыленных линий (обычно В и С) и переводить их на новый уровень продуктивности или устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды.

В случае создания простых гибридов с высоким уровнем гетерозиса требуется 6–8 лет для перевода родительских форм на стерильную цитоплазму или введения генов фертильности Rf. Стратегия повышения потенциальной урожайности двойных межлинейных гибридов основывается именно на ускорении селекционного процесса и создании новых самоопыленных линий, обладающих высокой

комбинационной способностью и комплексом хозяйственно-ценных признаков (продолжительность вегетации, устойчивость к биотическим и абиотическим факторам внешней среды и др.).

Главным хозяйственным преимуществом двойных межлинейных гибридов кукурузы в условиях нашей республики является более выгодное и стабильное семеноводство. Так, урожайность простых гибридов – компонентов двойных межлинейных гибридов достигает 60–70 ц/га, что позволяет получать относительно дешевые гибридные семена и убирать отцовские формы на кормовые цели.

Одним из недостатков двойных межлинейных гибридов является морфологическая невыравненность гибридных растений, так как в данной формуле родительскими формами выступают простые гибриды  $F_1$ :  $A_{DMS} \times B$  и  $C \times D_{RF}$ . Таким образом, посев двойных межлинейных гибридов представляет собой сложную генетически гетерогенную популяцию.

В связи с тем, что в данном типе гибрида теоретическое расщепление по генотипу составляет  $1AA : 2Aa : 1aa$ , 25 % особей будут гомозиготными по рецессивному признаку и существенно отличаться по своим морфологическим и хозяйственно ценным признакам. В действительности, с учетом того, что родительские формы отличаются по большому ряду признаков, а сами признаки являются результатом аллельного и неаллельного взаимодействия генов, в популяции может находиться большое количество биотипов (компонентов гибрида), существенно различающихся между собой и в первую очередь – по параметрам продуктивности и стабильности (устойчивости).

В то же время сложная генетическая структура может рассматриваться и как положительная характеристика. К селекции двойных межлинейных гибридов вновь вернулся интерес в связи с расширением органического земледелия [4]. Данный тип гибридов, способный сочетать в себе признаки устойчивости от четырех родителей, имеет неоспоримые преимущества в условиях отказа от средств защиты растений и минеральных удобрений.

Кроме того, в условиях рискованного земледелия, весенних понижений температур и частых засух, гибриды кукурузы с широкой генетической структурой оказываются более стабильными. Во многом этому способствует растянутые сроки цветения, позволяющие избежать череззерницу, наблюдающуюся вследствие стерилизации пыльцы при экстремальных температурах.

Известны высокая холодоустойчивость кремнистых линий кукурузы и жароустойчивость зубовидных форм, гибриды между которыми признаны наиболее успешными, позволяющими сочетать урожайность, стабильность и скороспелость.

В литературе имеются многочисленные данные о существенном снижении продуктивности простых гибридов кукурузы при посеве низкогибридными семенами, полученными в результате различного рода нарушений семеноводства (в первую очередь при недостаточной стерильности материнских форм или некачественном проведении кастрации) и самоопылении материнских линий (переопылении между собой). Например, в опытах И.И. Кузьмина [2] каждый процент негибридных растений в поле снижал урожай зерна на 0,7–0,8 ц/га. Проведенные в лаборатории семеноводства и семеноведения Молдавского НИИ кукурузы полевые эксперименты показали, что при снижении степени гибридности простого гибрида с 95 до 80 % урожайность уменьшалась на 10 ц/га (при средней урожайности по опыту около 75 ц/га и густоте стояния 50 тыс. растений/га) [1].

Урожайность двойных межлинейных гибридов определяется не только гибридностью семян – наличием в посеве самоопыленных линий, но также соотношением и продуктивностью других компонентов гибридов. В свою очередь продуктивность компонентов зависит от генетических факторов, а их соотношение – от генетических и технологических.

Вместе с тем данная проблема в нашей республике разработана недостаточно. В литературе мы не находим экспериментальных данных по наличию компонентов двойных межлинейных гибридов отечественной и зарубежной селекции, производимых в нашей республике, по их соотношению и продуктивности. Не получила достойной теоретической разработки и проблема размещения материнских и отцовских форм на семеноводческих посевах.

В идеале все компоненты двойного межлинейного гибрида, будучи генетически разнородными, должны быть морфологически схожими между собой по фенотипу. Этим будет достигаться технологичность возделывания, избегание взаимной конкуренции в посеве и получение высокого урожая. Но если в простых гибридах все получаемое зерно является кремнисто-зубовидным, то в двойных межлинейных гибридах оно значительно различается, что вызывает нарекания у сельхозпроизводителей и заготовителей зерна.

Примечателен в этом отношении кремнисто-зубовидный двойной межлинейный гибрид *Полесский 212 СВ*, широко возделываемый в Республике Беларусь. При его семеноводстве в производстве часто

возникают вопросы в связи с невыравненностью растений и неоднородностью зерна. Малопродуктивные растения с кремнистым зерном относят к самоопыленным линиям, а зубовидные формы – к примеси отцовской формы.

В то же время с научной точки зрения данный гибрид заслуживает внимания, как удобный модельный объект для исследований по оценке продуктивности сложных гибридов и их компонентов.

#### **Основная часть**

Исследования проводились в 2010 г. на базе РНДУП «Полесский институт растениеводства». Объектом исследований являлся гибрид кукурузы *Полесский 212 СВ*. В эксперименте были использованы семена с долей гибридности 83 %, произведенные в 2009 г. в сырьевой зоне Мозырского кукурузокалибровочного завода.

Гибрид *Полесский 212 СВ* двойной межлинейный, среднеранний (ФАО 210), кремнисто-зубовидный, семеноводство ведется на стерильной основе (С-тип). Самоопыленные линии, входящие в состав гибрида, являются резко контрастными по своим морфологическим признакам, то есть обладают маркерными признаками.

Материнская родительская форма – простой гибрид *Янина С* (БЛ 33с x БЛ 39/96) имеет кремнистый тип зерна красного цвета, продолжительность вегетационного периода 105 дней. Красный цвет зерна и стержня початка обусловлен наличием линии БЛ 39/96 и может служить маркерным признаком гибридности семян. Стерильная цитоплазма, желтый цвет зерна и кремнистая консистенция зерна является маркерными признаками линии БЛ 33с.

Отцовская родительская форма – простой гибрид *Якуб СВ* (БЛ 82 x БЛ 78). Все самоопыленные линии гибрида имеют зубовидный тип зерна желтого цвета и белый цвет стержня початка.

Исследования включали идентификацию генотипа методом электрофореза запасных белков [3] и грунт-контроль данных генотипов по основным апробационным признакам с последующей оценкой их зерновой продуктивности. Показателем зерновой продуктивности принята масса зерна с одного початка.

Для исключения взаимной конкуренции посадка семян кукурузы, полученных из протестированных семян, производилась на однорядковой делянке с разреженной густотой (междурядье 1,4 м, расстояние между растениями 0,3 м).

Уборка растений проводилась при достижении 30 % влажности зерна. Растения изучались по морфологическим признакам и количественным признакам. Тип зерна, окраска зерна и стержня початка определялись визуально. Для формализации качественных показателей использовались следующие балльные шкалы:

тип зерна: зубовидная – 1, кремнистая – 4;

окраска зерна: желтая 1–4, оранжево-красная 5–7, красная 8–10;

окраска стержня початка: белая – 1, розовая – 3, красная – 5.

Учет основных количественных признаков – высоты растений, количества зерен и массы зерна от 1 растения показал, что они формируют непрерывные вариационные ряды, т. к. наследуются по типу полимерии (рис. 1). Так, в популяции встречается по одному растению, имеющих крайние значения по признаку «массы зерна с 1 растения» (179 г и 33 г). Если малопродуктивное растение является самоопыленной линией и по своим морфологическим признакам и электрофоретическому спектру схожа (но не идентична) родительской линии БЛ 33с, высокопродуктивное растение имело материнские и отцовские белковые маркеры, обладало зубовидной формой зерна, оранжево-красной окраской зерна и розовым цветом стержня початка. С некоторым допущением последнюю гибридную форму можно отнести к положительной трансгрессии. Подобные формы отмечены и по другим количественным признакам.

Вместе с тем на рис. 1 можно заметить небольшую дискретность – ступенчатый характер изменения рассматриваемых количественных признаков, что указывает на наличие внутри гибридной популяции отдельных групп компонентов (биотипов), сходных по тому либо другому признаку.

На рис. 2 представлено распределение растений с различной массой зерна с 1 початка. Несимметричная форма распределения может быть связана со сложной генетической структурой популяции, а также с наличием «сортовой примеси» – самоопыленных линий.

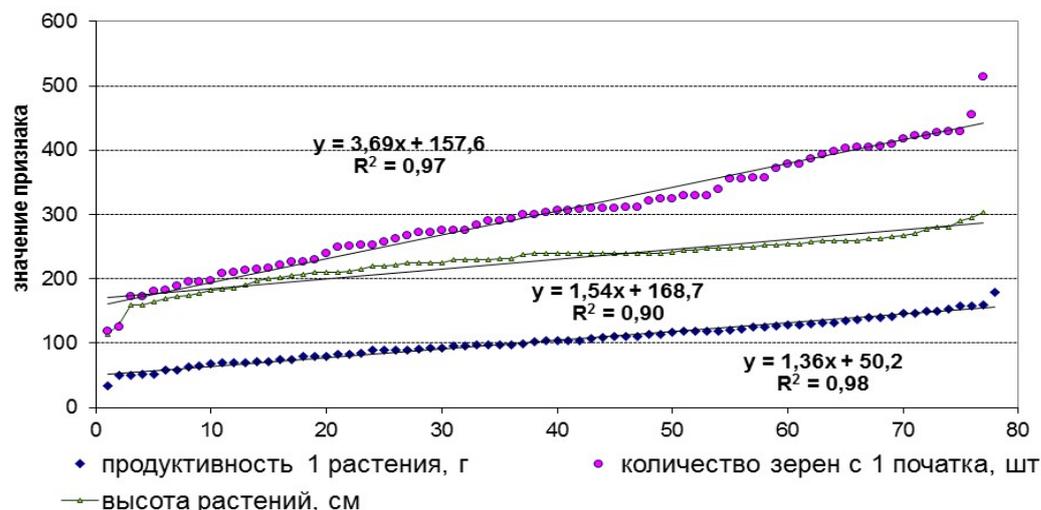


Рис. 1. Изменчивость количественных признаков в гибридной популяции *Полесский 212 СВ*



Рис. 2. Количество растений с различной массой зерна с 1 початка в гибриде *Полесский 212 СВ*

По основным апробационным признакам (тип зерна, окраска зерна и стержня початка) растения гибридной популяции были классифицированы на 18 групп (табл. 1).

Таблица 1. Встречаемость фенотипов в популяции гибрида *Полесский 212 СВ*, доля

Тип зерна	Окраска стержня початка	Окраска зерна			Всего
		желтая	оранжево – красная	красная	
Зубовидный	Белая	0,03	–	–	0,05
	Розовая	0,01	0,01	–	
Зубовидно-кремнистый	Белая	0,08	0,04	–	0,26
	Розовая	0,01	0,09	0,04	
Кремнисто-зубовидный	Белая	0,06	0,17	0,05	0,48
	Розовая	0,08	0,08	0,04	
Кремнистый	Белая	–	0,08	0,03	0,21
	Розовая	–	0,08	0,03	
Всего	Белая	0,17	0,29	0,08	1,00
	Розовая	0,10	0,26	0,10	
Всего		0,27	0,55	0,18	1,00

Установлено, что в группе зубовидного зерна отсутствовали оранжево-красные зерна, а в кремнистом – желтые.

Внутри каждой группы растения различались по количеству рядов зерен в початке, форме початка, количеству семян в початке, а также по высоте растений и продолжительности вегетационного

периода. Это обусловило большую вариацию основного хозяйственного признака – зерновой продуктивности растений в каждой группе фенотипов.

Наиболее продуктивными оказались зубовидные компоненты, но их встречаемость в популяции составляет около 5 %. Зерновая продуктивность зубовидно-кремнистых и кремнисто-зубовидных форм существенно не различалась, но растения, имеющие желтую окраску зерна превзошли другие фенотипы в данных группах на 18,5 %. Наименее продуктивными оказались кремнистые формы, имеющие красную окраску зерна (табл. 2).

Таблица 2. Зерновая продуктивность фенотипов в популяции гибрида *Полесский 212 СВ*, г/растение

Тип зерна	Окраска стержня початка	Окраска зерна			В среднем	
		желтая	оранжево – красная	красная		
Зубовидный	Белая	<u>50,0*</u> 50...50	–	–	127,3	
	Розовая	<u>153,0</u> 153	<u>179,0</u> 179	–		
Зубовидно-кремнистый	Белая	<u>116,8</u> 89...146	<u>102,0</u> 64...149	–	111,8	110,1
	Розовая	<u>128,0</u> 128	<u>111,4</u> <u>80...158</u>	<u>100,6</u> 69...120		
Кремнисто-зубовидный	Белая	<u>113,6</u> 83...137	<u>102,4</u> 33...146	<u>103,0</u> 89...111	108,7	
	Розовая	<u>136,2</u> 92...158	<u>100,3</u> 51...159	<u>96,7</u> 70...122		
Кремнистый	Белая	–	<u>88,7</u> 59...131	<u>73,5</u> 51...96	80,1	
	Розовая	–	<u>92,2</u> 63...127	<u>66,0</u> 58...74		
В среднем	Белая	93,5	97,7	88,3	103,8 **	
	Розовая	139,1	120,7	87,8		
В среднем		116,3	110,9	88,0		

Примечание: \* – в числителе – среднее по группе, в знаменателе – диапазон варьирования; \*\* – средневзвешенное значение по всей выборке.

Средневзвешенная продуктивность растений в гибридной популяции составила 103,8 г/растение. В группе компонентов, имеющих кремнистое зерно, не оказалось растений, полностью схожих по фенотипу с материнской линией Б 33. Наличие оранжево-красной и красной окраски зерна и розового цвета стержня свидетельствует о присутствии в популяции гомозиготных гибридных генотипов. Встречаемость малопродуктивных генотипов с зерновой продуктивностью < 75 г/растение по группам форм зерна (зубовидная, зубовидно-кремнистая, кремнисто-зубовидная, кремнистая) составила, соответственно, 0,03 – 0,01 – 0,05 – 0,1, по всей популяции в общем – 0,19.

### Заключение

Таким образом, посев двойного межлинейного гибрида *Полесский 212 СВ* представляет собой сложную гетерогенную популяцию, содержащую в своей структуре около 75 % зубовидно-кремнистых и кремнисто-зубовидных форм, существенно различающихся между собой по морфологическим признакам и по продуктивности. Это соотношение соответствует теоретически ожидаемому расщеплению фенотипов.

Определение диапазона варьирования удельного веса кремнистых и зубовидных компонентов в посевах двойных межлинейных гибридов требует дальнейшего изучения. Представляет интерес определить продуктивность и стабильность всех компонентов гибридов с учетом их группирования по белковым спектрам (наличию тех или иных белковых маркеров). Это позволит прогнозировать потенциальную урожайность партий семян двойных межлинейных гибридов кукурузы с различной гибриднойностью.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Использование метода электрофореза зеина для контроля качества семян кукурузы / Информационный листок. Рубрика ГАСНТИ – 68.35.29. – Молдавский научно-исследовательский институт научно – технической информации и техники – экономических исследований – 1990. – 4 л.

2. Кузьмин, И. И. Научное обоснование повышения уровня гибридности семян кукурузы и технологии послеуборочной их обработки на заводах: авторефер. дис. на соиск. науч. степ. доктора сельскохозяйственных наук (06.01.05) / Иван Иванович Кузьмин. Москва, 1999. – 80 л.

3. СТБ 1710 – 2006 «Семена кукурузы. Метод определения уровня гибридности семян первого поколения, оценка типичности и маркирование инбредных линий».

4. Bueren, E. T. Organic plant breeding and propagation: concepts and strategies. Wageningen Universiteit. Promotor: Prof.Dr.Ir. P.C. Struik en Prof.Dr.Ir. E. Jacobsen, 2002 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.louisbolck.org/downloads/1310.pdf> (дата обращения: 12.06.2021).

## ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НОВЫХ СОРТОВ ЧЕСНОКА ОЗИМОГО (*ALLIUM SATIVUM* L.)

В. В. СКОРИНА, И. Г. КОХТЕНКОВА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: skorina@list.ru

(Поступила в редакцию 05.07.2021)

*Большая потребность в продукции чеснока обусловлена его употреблением в пищу и как сырья для изготовления лекарственных препаратов, в пищевой и консервной промышленности. Одним из основных факторов, влияющих на повышение производства чеснока, является сорт. Селекция чеснока включает улучшение местных сортов, создание новых высокопродуктивных, устойчивых к болезням и вредителям сортов, с повышенным содержанием сахаров, эфирных масел и биологически активных веществ.*

*Современное состояние сельскохозяйственного производства требует создания специализированных сортов, устойчивых к основным болезням и превосходящих по своим хозяйственно-биологическим признакам. Селекция чеснока включает улучшение местных сортов, создание новых высокопродуктивных, устойчивых к болезням и вредителям сортов, с повышенным содержанием сахаров, эфирных масел и биологически активных веществ. Для получения высококачественного и конкурентоспособного посадочного материала чеснока озимого необходимо проведение селекционной работы с последующим отбором и оценкой образцов по комплексу хозяйственно полезных признаков.*

*Проведена оценка новых сортов чеснока озимого Горец и Агатон по морфологическим признакам, зимостойкости, урожайности, качеству продукции. В результате сравнительной оценки данные сорта обладают высокой зимостойкостью (99,0–99,3 %), высокой урожайностью (14,6–16,8 т/га), качественными показателями.*

*По комплексу хозяйственно ценных признаков сорта Горец, Агатон, превосходившие контроль по урожайности, зимостойкости были переданы в 2019 г. в систему ГСИ. По результатам испытания сорта Горец и Агатон включены в Государственный реестр сортов Беларуси с 2020 года. Созданные сорта могут быть использованы в дальнейшей селекционной работе, а также при возделывании чеснока на продовольственные цели в производстве.*

**Ключевые слова:** чеснок озимый, сорт, признак, селекция, зимостойкость, урожайность, качество.

*Garlic is used as a raw material to produce medicinal preparations, in the food and canning industries, and as a food source. Variety is one of the main factors affecting the increase in garlic production. Garlic breeding includes the improve-ment of local varieties, the creation of new highly productive, disease and pest re-distant varieties with an increased content of sugars, essential oils, and biologically active substances.*

*The current state of agricultural production requires the creation of specialized varieties that are resistant to major diseases and superior in their economic and bio-logical characteristics. Garlic breeding involves the improvement of local varieties, the creation of new highly productive, disease and pest-resistant varieties with an increased content of sugars, essential oils, and biologically active substances. To receive high-quality and competitive planting material of winter garlic it is necessary to carry out selection work with further selection and estimation of samples according to the complex of economically useful features.*

*At present in the selection work is mainly used clonal selection, a complicated, but the most effective way of maintenance of variety properties of the seed material.*

*The new varieties of winter garlic Gorec and Agaton have been evaluated in terms of morphological characters, winter hardiness, yield and product quality. As a result of comparative evaluation these varieties have high winter hardiness (99,0-99,3%), high yield (14,6-16,8 t/ha). quality indicators.*

*According to the complex of economically valuable characters, the varieties Gorec, Agaton, which surpassed the control in yield, winter-hardiness were trans-ferred to the SVT system in 2019. According to the test results, the varieties Gorec and Agaton are included in the State Register of varieties of Belarus since 2020. The developed varieties can be used in further breeding work, as well as in the cultivation of garlic for food purposes in production.*

**Key words:** winter garlic, variety, sign, selection, winter hardiness, productivity, quality.

### Введение

Увеличение объемов производства чеснока возможно не только за счет роста посевных площадей, но и за счет увеличения урожайности.

Для получения высококачественного и конкурентоспособного посадочного материала чеснока озимого необходимо проведение селекционной работы с последующим отбором и оценкой образцов по урожайности, зимостойкости, качеству и лежкости при низких затратах себестоимости производства [11].

Изучение селекционного материала, его оценка по основным хозяйственно ценным признакам и создание на их основе новых высокопродуктивных, экологически стабильных и устойчивых к болезням сортов является важной задачей в селекционной работе.

Хозяйственно ценные и морфо-биологические признаки нового сорта должны определяться исходя из почвенно-климатических условий, для которых предназначается будущий сорт и уровня агротехники [13].

Основной целью в селекции овощных культур является создание сортов и гибридов, сочетающих реальную продуктивность с устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам, минимизации энерго- и ресурсозатрат на производство единицы качественной чистой продукции [2].

Одним из факторов, влияющих на повышение производства чеснока, является сорт. Современное состояние сельскохозяйственного производства требует создания специализированных сортов, устойчивых к основным болезням и превосходящих по своим хозяйственно-биологическим признакам [18].

Ряд исследователей [5, 6, 7, 8, 10, 19] указывают, что при создании сортов с экологической стабильностью значительную роль уделяют разработке методов селекции и выявлению форм, устойчивых к неблагоприятным условиям внешней среды.

Результаты селекционной работы с любой сельскохозяйственной культурой в значительной степени определяются исходным материалом, а именно его разнообразием и степенью изученности. На протяжении всех этапов селекционная работа всегда начиналась со сбора и анализа имеющихся сортов и форм растений определенной культуры.

По мнению J. Mac Key [21], для создания сорта, лучшего, чем существующие (а это возможно, так как генетический предел, еще не достигнут ни у одной из культур), недостаточно проводить отбор в дикорастущих, как, впрочем, и в гибридных популяциях. Можно достичь лучшего результата, если выработать подробную программу селекции, в которой будет указано, какой тип необходимо создать.

В настоящее время селекционная работа с чесноком направлена, в первую очередь, на расширение и совершенствование методов создания исходного материала экспериментальным путем. Селекция чеснока включает улучшение местных сортов, создание новых высокопродуктивных, устойчивых к болезням и вредителям сортов, с повышенным содержанием сахаров, эфирных масел и биологически активных веществ [16].

Большую ценность для селекции представляют образцы чеснока, созданные в других географических и почвенно-климатических зонах, местные сорта народной селекции из разных регионов, а также дикие формы. Как пример: успешное использование дикого вида чеснока длинноостроконечного – *Allium longicuspis* L. [17].

Современные сорта должны обладать не только высокой потенциальной продуктивностью, но и способностью противостоять воздействию абиотических и биотических стрессов. Поэтому, необходимо широкое использование мировых растительных ресурсов и создание коллекции источников ценных признаков (скороспелость, зимостойкость, устойчивость к болезням и высокое содержание биологически ценных веществ).

В связи с этим целью работы являлось оценка новых сортов чеснока озимого, полученных в результате клонового отбора из коллекционных образцов, по комплексу хозяйственно ценных признаков для селекции и выращивания в производственных условиях Беларуси.

#### **Основная часть**

В селекции чеснока озимого, как и любой сельскохозяйственной культуры, большое значение имеет наличие хорошо изученного исходного материала, обладающего комплексом ценных признаков, выделение генетических источников необходимых признаков.

Чеснок отличается большой пластичностью. Культура проявляет реакцию на изменение условий выращивания и хранение посадочного материала. Так как чеснок является растением узкого ареала, и при переносе форм из одних географических зон в другие, резко различающихся по почвенно-климатическим условиям, происходят изменения его признаков [15, 19].

Рядом исследований подтверждается, что чеснок, исходя из своих биологических особенностей, является холодостойкой и морозоустойчивой культурой [3, 9, 15, 20].

Государственный реестр сортов включает сорта чеснока озимого (17) и ярового (2) для промышленного и для приусадебного выращивания. В республике чеснок озимый выращивают на площади не более 50 га [12].

В настоящее время в селекционной работе в основном используется клоновый отбор, который по сравнению с гибридизацией ограничивает возможности выведения новых сортов. В селекционном процессе используют зубки и «воздушные» луковички соцветия. Использование семенных форм позволит интенсифицировать селекционный процесс чеснока.

Клоновый отбор – сложный, но наиболее эффективный способ поддержания сортовых признаков семенного материала. Его используют при улучшении сорта в процессе семеноводства и проводят по одному или комплексу хозяйственно ценных признаков.

При производстве семенного материала из зубков (рис. 1) используют обычную и клоновую схемы.

По обычной схеме в посевах чеснока того или иного сорта отбирают лучшие суперэлитные растения с необходимыми хозяйственно ценными признаками в пределах 10 %. Отобранные растения (луковицы) разделяют на зубки и высаживают на селекционный участок суперэлиты. На следующий год

на данном участке проводят массовый отбор элитных растений – 25–30 %. Элита передается в семеноводческие хозяйства для дальнейшего размножения.

Поскольку данная схема трудоемкая и высокозатратная, ее используют при производстве элиты в небольших объемах.

Отбор, оценка и размножение суперэлитных растений



Рис. 1. Обычная схема семеноводства чеснока

Объектами исследования являлись сорта чеснока озимого Горец, Агатон, включенные с 2020 г. в Государственный реестр сортов. Сорта получены с использованием метода клонового отбора.

Сравнительную оценку сортов чеснока озимого проводили в 2019–2020 гг. В качестве контроля использовали сорт чеснока озимого Беловежский.

Почва участка дерново-подзолистая среднесуглинистая. Опыты были заложены с соблюдением агротехнических требований по уходу за растениями в течение всего периода наблюдений. Опыт был заложен в трехкратной повторности по схеме 50+20\*8 см с использованием общепринятых методик и методических указаний [4, 14, 15].

В ходе проведения исследований проводили фенологические наблюдения (дата появления всходов, начало появления стрелок), биометрическое описание растений, учет урожайности и качества продукции. Зимостойкость учитывали после появления массовых всходов в весенний период.

Оценку зимостойкости сортообразцов чеснока озимого проводили в период весеннего отрастания.

Степень зимостойкости определяли по формуле:

$$Z = N_{\text{общ}}/n;$$

где  $N_{\text{общ}}$  – общее количество высаженных растений, шт.;  $n$  – количество перезимовавших растений, %.

Статистическая обработка результатов исследований выполнена по Б. А. Доспехову [4] на ПЭВМ IBM PC/AT с использованием пакета прикладных программ Биостат, Microsoft Excel 13.0

Метеорологические условия в годы проведения исследований соответствовали условиям для проведения сравнительной оценки сортов по изучаемым признакам. В среднем за годы исследований сорта Горец и Агатон обладали высокой зимостойкостью и превосходили сорт Беловежский (контроль) по данному признаку на 3,8–4,0%, по урожайности – на 6,2–8,4 т/га.

#### Характеристика новых сортов чеснока озимого

Признак	Горец	Агатон	Беловежский (контроль)
Окраска сухих чешуй луковицы	Бежевая с фиолетово-красными жилками	Бежевая с фиолетовыми жилками	Светло-фиолетовая
Диаметр луковицы, см	5,8	5,6	4,2
Высота растения, см	4,5	4,2	3,3
Индекс луковицы	0,76	0,76	0,82
Высота растения, см	85,5	76,3	73,8
Количество листьев, шт.	8,5	8,4	6,1
Длина листа, см	49,0	46,3	37,9
Ширина листа, см	2,9	2,4	1,6
Площадь листовой поверхности, см <sup>2</sup>	807,2	626,0	257,0
Высота цветоноса, см	78,8	82,2	70,6
Масса воздушных луковичек, г	5,3	7,2	8,7
Количество воздушных луковичек, шт.	99,3	80,3	100,0
Масса 1000 шт воздушных луковичек, г	53,4	89,7	87,0
Сухое вещество, %	37,12	38,58	30,48
Витамин С, мг/100 г	22,10	21,35	21,20
Растворимых углеводов, %	12,25	13,50	12,18
Зимостойкость, %	99,0	99,3	95,3
Масса луковицы, г	48,1	44,4	24,0
Количество зубков, шт	7,8	7,0	6,0
Масса зубка, г	6,3	6,1	6,0
Урожайность, т/га	16,8	14,6	8,4

### **Сорт Горец**, среднеспелый, стрелкующийся;

- образец зимо- и морозостойкий, весной отрастает до 99 % растений;
- средняя урожайность 16,8 т/га;
- средняя масса луковицы – 48,10 г, зубка – 6,3 г, состоит из 7–9 зубков;
- содержание сухого вещества 37,12 %, витамина С – 22,10 мг/100 г, растворимых углеводов – 12,25 %;
- луковицы плоской формы;
- окраска бежевая с фиолетово-красными жилками, размытыми к основанию;
- вкус полуострый;
- образец универсального назначения.



Рис. 2. Сорт чеснока озимого Горец



Рис. 3. Сорт чеснока озимого Агатон

### **Сорт Агатон**, среднеспелый, стрелкующийся;

- образец зимо- и морозостойкий, весной отрастает до 99,3 % растений;
- средняя урожайность 14,6 т/га;
- средняя масса луковицы – 44,40 г, зубка – 5,9 г, состоит из 5–8 зубков;
- содержание сухого вещества 38,58 %, витамина С – 21,35 мг/100 г, растворимых углеводов – 13,50 %;
- луковицы плоскоокруглой формы;
- окраска бежевая с фиолетовыми жилками;

- вкус острый;
- образец универсального назначения [1].

#### **Заключение**

Создание генофонда, на основе использования высокоадаптивных форм отечественной селекции с высокими товарными качествами продукции, является перспективным направлением получения генотипов обладающих комплексом ценных хозяйственно полезных признаков.

По результатам оценки, сорта чеснока озимого Горец и Агатон характеризуются высокой зимостойкостью (99–99,3 %), урожайностью, относятся к группе среднеспелых сортов, с высоким содержанием сухого вещества и являются перспективными для использования в селекции и производстве.

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Атлас сортообразцов чеснока озимого: / В. В. Скорина, Н. П. Купренко, Вит. В. Скорина, И. Г. Кохтенкова. – Горки: БГСХА, 2020. – 40 с.
2. Гануш, Г. И. Основные направления и результаты селекции овощных культур в Республике Беларусь / Г. И. Гануш, Н. П. Куприенко, Ф. И. Анцугай // Международный симпозиум по селекции и семеноводству овощных культур / ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур. – М., 1999. – С. 116–118.
3. Девятова, В. Ф. Лук и чеснок / В.Д. Девятова. – Минск, Ураджай, 1972. – 63 с.
4. 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.
5. Жученко, А. А. Адаптивная селекция растений / А. А. Жученко. Селекция продуктивности сортов. – М., Знание, 1986а. – С. 4–30.
6. Жученко, А. А. Адаптивный потенциал культурных растений: (эколого-генетические основы) / А. А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 766 с.
7. Жученко, А. А. Селекция растений (эколого-генетические аспекты) / А. А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1986. – 35 с.
8. Жученко, А. А. Экологическая генетика культурных растений / А. А. Жученко. – Кишинев, 1980. – 587 с.
9. Калиниченко, В. Г. Лук, чеснок / В. Г. Калиниченко, Л. Н. Калиниченко. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1991. – 28 с.
10. Кильчевский, А. В. Оценка среды как фона для отбора овощных культур в ГСИ / А. В. Кильчевский, В. В. Скорина // Вести НАН Беларуси. Сообщ. 1. – № 1. – 2005. – С. 2.

11. Коллекционная оценка сортообразцов чеснока озимого (*Allium sativum* L.) на урожайность и зимостойкость / Скорина В. В., Кохтенкова И. Г., Купреенко Н. П., Овощеводство. – 2019. – № 27. – С. 212–222.
12. Купреенко, Н. П. Лук и чеснок / Н.П. Купреенко; под ред. З.И. Малашевич. – Минск: Красико-Принт, 2009. – 96 с.
13. Лахин, А. С. Чеснок / А.С. Лахин; под ред. Л.С. Колоколова. – Алма-Ата: Кайнар, 1978. – 184 с.
14. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С.С. Литвинов; Рос. акад. с.-х. наук, ГНУ Всерос. науч.-исслед. ин-т овощеводства. – Москва: ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. – 648 с.: ил.
15. Методические указания по селекции луковых культур. / Ершов И. И., Алексеева М. В., Комиссаров В. А., Герасимова Л. И., Логунова В. В., Добруцкая Е. Г. и др. – М., 1997. – 118 с.
16. Оценка коллекционного питомника чеснока озимого по хозяйственно ценным признакам Герасимова Л. И. Агафонов А. Ф. Середин Т. М.) овощи россии № 5 (43) 2018. – С. 33–35.
17. Пивоваров В. Ф., Ершов И. И., Агафонов А. Ф., 2001 Пивоваров В. Ф., Ершов И. И., Агафонов А. Ф. Луковые культуры. М., 2001. – 500 с.
18. Пивоваров, В. Ф. Селекция и семеноводство овощных культур / В. Ф. Пивоваров. – Пенза, 1999. – Т. 1. – 292 с.
19. Скорина, В. В. Селекция чеснока озимого: монография / В. В. Скорина, И. Г. Берговина, Вит. В. Скорина. – Горки: Ред. изд. отдел БГСХА, 2014. – 123 с.
20. Трулевич, В. К. Лук и чеснок / В. К. Трулевич. – 3-е изд. – Л.: Колос, 1969. – 160 с.
21. Mac Key, J. The wheat plant as a model in adaptation to high productivity in different environments. *Savremena poljoprivreda*, 1966. – P. 29–39.

## ПРОДУКТИВНОСТЬ СИЛЬФИИ ПРОНЗЕННОЛИСТНОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ УДОБРЕНИЙ, ПЕРИОДИЧНОСТИ ПОДКОРМОК И ДОЗ АЗОТА НА СЕДЬМОЙ ГОД ЖИЗНИ ПОСЕВОВ

**В. А. ЕМЕЛИН**

*УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,  
г. Витебск, Республика Беларусь, 210026, e-mail: emelinvab5@gmail.com*

**Б. В. ШЕЛЮТО**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

*(Поступила в редакцию 12.07.2021)*

*Сильфия пронзеннолистная в почвенно-климатических условиях Витебской области отличается высокой продуктивностью и долголетием использования посевов на зеленую массу. На дерново-подзолистых супесчаных почвах минеральные (NPK) и органические (навоз) удобрения, вносимые как основные удобрения в запас при создании плантаций, периодичная подкормка и подкормка азотом (90–120 кг/га) на седьмой год жизни растений сыграли свою положительную роль по формированию высокопродуктивных посевов сильфии. Сильфия имеет ценную по питательности зеленую массу на третий год жизни растений. С увеличением возраста посевов на седьмой год жизни с образованием большого количества побегов и с засыханием листьев в прикорневой розетке и нижних листьев на стеблях установлено снижение качественного состава зеленой массы. Из-за увеличения доли стеблей в урожае зеленой массы и клетчатки происходит уменьшение показателей сырого протеина, обменной энергии и кормовых единиц. Доза азота 120 кг/га повышает концентрацию сырого протеина (1–2 %) и одновременно уменьшает количество сахара (2–3 %). При создании плантаций сильфии необходимо проводить известкование кислых почв, вносить органические (полужидкий навоз крупного рогатого скота) и минеральные (азотные, фосфорно-калийные) удобрения. Фосфорные и калийные удобрения целесообразно вносить в запас на несколько лет вперед.*

**Ключевые слова:** *сильфия пронзеннолистная, возраст посевов, удобрения, дозы азота, химический и питательный состав зеленой массы, продуктивность.*

*Silphium perfoliatum in the soil and climatic conditions of the Vitebsk region is distinguished by high productivity and longevity of using crops for green mass. On soddy-podzolic sandy loamy soils, mineral (NPK) and organic (manure) fertilizers applied as the main fertilizers in the reserve when creating plantations, periodic feeding and feeding with nitrogen (90–120 kg / ha) in the seventh year of plant life played a positive role in the formation of highly productive Silphium crops. Silphium has a nutritious green mass in the third year of plant life. With an increase in the age of crops in the seventh year of life, with the formation of a large number of shoots and with drying of leaves in the root rosette and lower leaves on the stems, a decrease in the qualitative composition of the green mass was established. Due to an increase in the proportion of stems in the yield of green mass and fiber, there is a decrease in crude protein, metabolic energy and feed units. A nitrogen dose of 120 kg / ha increases the concentration of crude protein (1–2 %) and simultaneously reduces the amount of sugar (2–3 %). When creating Silphium plantations, it is necessary to lime acidic soils, to introduce organic (semi-liquid cattle manure) and mineral (nitrogen, phosphorus-potassium) fertilizers. It is advisable to add phosphorus and potash fertilizers to the reserve for several years in advance.*

**Key words:** *Silphium perfoliatum, age of crops, fertilizers, nitrogen doses, chemical and nutritional composition of green mass, productivity.*

### **Введение**

Сильфия пронзеннолистная – это многолетняя культура с высокой продуктивностью и ценной по питательности зеленой массой. Ее оптимальная фаза развития для уборки на силос является фаза цветения растений.

Современные исследования в южной лесостепной зоне Омской области на лугово-черноземной почве в фазу цветения сильфии показывают высокое содержание сырого протеина 20,2 % с обеспеченностью 1 кормовой единицы переваримым протеином 212 г. (клетчатка 24,8 %, жир – 3,1, зола – 14,2 и БЭВ – 37,7 %). Уровень обменной энергией составил 9,6 МДж/кг, кормовых единиц – 0,60. Содержание сахара в зеленой массе – 38,6 г/кг. В среднем за шесть лет урожайность в фазу цветения сильфии составила 49,4 т/га зеленой массы, кормовых единиц – 6,36 т/га, сырого протеина – 2,78 т/га. На четырнадцатом году – 51,1 т/га зеленой массы [1].

В условиях северной лесостепи Украины на темно-серой оподзоленной крупнопылевато-легкосуглинистой почве на многолетних посевах необходимо периодическое внесение фосфорных ( $P_{60}$ ) и калийных ( $K_{60}$ ) удобрений при ежегодном весеннем внесении азотных удобрений ( $N_{120}$ ). При долголетнем использовании посевов сильфии продуктивность в среднем за 2002–2005 гг. была зеленой массы – 81,3 т/га, сухого вещества – 14,6 т/га, кормовых единиц – 10,51 т/га, за 2006–2009 гг. зеленой массы – 77,3 т/га, сухого вещества – 14,45 т/га, кормовых единиц – 10,51 т/га. В сухом веще-

стве содержание сырого протеина в фазах бутонизации и цветения растений первого укоса было 12,3–12,43 %, во втором – 18,1–20,5 %. Содержание золы было 8–10 %, клетчатки – 27–30 %. В фазе цветения растений кормовых единиц в первом укосе было 0,73, во втором – 0,76. Обменной энергии – 10,6 МДж/кг. Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином – 117–122 г. [2].

В начале цветения растений содержание сухого вещества составляет 17,57 %. В зеленой массе сальфии в расчете на сухое вещество содержится: 15,81 % протеина, 2,95 жира, 29,98 клетчатки, 11,28 золы, 42,98 % БЭВ. Обменной энергии – 10,8 МДж [3]. В условиях Южной Карелии содержание сырого протеина в сальфии составляет 13,2 %, низкое содержание сырой клетчатки (22,7 %) и высокое содержание золы (14,3 %). Концентрация сырого жира находится в пределах нормы (2,0 %). Отмечен высокий процент кальция (1,46) и калия (4,7 %). Наличие фосфора было в пределах нормы (0,32 %) [4].

В условиях Ленинградской области химический состав зеленой массы сальфии в фазу цветения растений составил сухого вещества – 15,0 %, сырого протеина – 14,6, СК – 34,4, БЗВ – 37,1, СЖ – 2,7, СЗ – 11,3 % (на абсолютно сухое вещество). В Московской области химический состав зеленой массы сальфии в фазу бутонизации – начало цветения растений имел сухого вещества – 10,8 %, сырого протеина – 24,5, СК – 13,6, БЗВ – 48,2, СЖ – 5,3, СЗ – 8,4 % [5].

В фазах стеблевания, бутонизации и цветения растений уровень кормовых единиц в сухом веществе составил 0,96–0,98. В фазе цветения содержание в зеленой массе сухого вещества составляет 17,54–19,53 %, протеина – 9,13–12,83 % [6]. Содержание питательных веществ снижается от основного укоса к отаве. Отмечено снижение содержания протеина в растениях второго и третьего укосов до 6,7–8,8 % против 13,1–16,1 % в основном укосе [7].

Сальфия в условиях северной части Беларуси отличается высокой продуктивностью. При урожайности 1105 ц/га зеленой массы, валовый сбор сухого вещества составил 221,0 ц/га, сырого протеина – 15,97 ц/га. Содержание сырого протеина в зеленой массе – 7,23 %, СК – 31,6, БЗВ – 50,5, СЖ – 4,09, СЗ – 6,58 % [8]. В Витебской области на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах при изучении различных доз минеральных удобрений высокую продуктивность получили при дозах  $N_{90-120} P_{90} K_{90}$  д.в. на 1 га. Урожайность зеленой массы в среднем за три года была 928–932 ц/га, выход кормовых единиц составил 130,4–139,2, переваримого протеина – 8,72–9,69, кормопротеиновых единиц – 113,2–113,6 ц/га. В фазе начало цветения растений по мере повышения доз азота содержание протеина увеличивалось с 6,5 до 10,7 %, а содержание БЭВ снижалось с 55,1 до 49,3 %, количество сахара с 20,3 до 16,9 % [9]. Распределение сахаров в растениях сальфии неравномерное. Большая их часть (20,98 %) находится в стеблях, меньшая (8,96 %) – в листьях. В сухом веществе целого растения сахара – 13,15–13,17 % [10].

Исследования (2006–2012 гг.) в почвенно-климатических условиях Витебской области выявили, что в фазе цветения сальфия имеет высокое качество зеленой массы по обменной энергии (10,74 МДж в 1 кг сухого вещества) и кормовым единицам (0,93), среднюю концентрацию сырого протеина (10,9 %) и жира (2,6 %). Оптимальное протеино-энергетическое соотношение (97,1 г/к.ед.) и клетчатки (21,5 %). Высокое содержание БЭВ (54,6 %) и золы – (10,4 %). Сухое вещество – 18,8 % [11]. Высокую концентрацию сырого протеина (13,37 %) получили на третий год (2016) жизни посевов на фоне запаса и подкормок удобрениями в фазе начало цветения растений. Высокое качество зеленой массы было по обменной энергии (10,55–10,59 МДж в 1 кг сухого вещества), кормовым единицам (0,90–0,91) и каротину (35,0–40,0 мг в 1 кг корма натуральной влажности). Выявлено высокое (53,3–54,3 %) содержание БЭВ и оптимальное клетчатки (24,5–25,15 %). Сухого вещества – 19,0 %. На удобренных посевах третьего года жизни получили 747,3 ц/га зеленой массы, сухого вещества – 138,3 ц/га, обменной энергии – 145,9 ГДж/га, кормовых единиц – 124,5 ц/га. Выход сырого протеина (18,32 ц/га) был наибольшим в фазу начало цветения растений [12].

Данные литературных источников по изучению сальфии в разных почвенно-климатических условиях выявили значительные колебания химического и питательного состава зеленой массы. Исследования проводились без учета возраста посевов или урожайность изучалась только в первые годы жизни растений. Продуктивность сальфии в зависимости от запаса минеральных и органических удобрений, последствие удобрений на урожайность зеленой массы, периодичности подкормок и доз азота на седьмой год жизни посевов не изучалась. Поэтому исследования качественного состава зеленой массы и продуктивность сальфии в условиях длительного использования посевов на кормовые цели являются актуальными, имеют важное научное и практическое значение при разработке и усовершенствования технологии.



чили высокую (927,5 ц/га зеленой массы) урожайность сильфии при подкормке дозой азота 120 кг/га (табл. 1). Это вариант, где при создании плантаций удобрения вносились в запас (основное удобрение в 2014 году – N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> кг/га в сочетании с доломитовой мукой 3,5 т/га) и где потом в течение двух лет проводилась подкормка (в 2015 г. и 2016 г. по N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> кг/га). На третий год (2016) жизни посевов получили 747,3 ц/га зеленой массы.

Также высокую урожайность зеленой массы (809,8 ц/га) получили при подкормке азотом 90 кг/га (вариант – навоз 40 т/га + доломитовая мука 3,5 т/га в 2014 году). Наибольшее последствие навоза проявилось на третий год (2016) возделывания сильфии, что дало возможность получить 524,1 ц/га зеленой массы. В последующие три года урожайность (поддерживалась за счет разросшихся растений) была на уровне 329,7–421,6 ц/га зеленой массы, что выше посевов, на которых удобрения не вносились (118,5–224,3 ц/га).

Подкормка азотом 60 кг/га посевов сильфии, которые шесть лет (2014–2019 гг.) были без удобрений, увеличила урожайность до 445,1 ц/га зеленой массы в сравнении со средней урожайностью 156,2 ц/га за годы жизни растений предыдущих лет.

Таблица 1. Урожайность зеленой массы сильфии в зависимости от последствия удобрений, доз азота и возраста посевов ц/га (2014–2020 гг.)

Год жизни растений	Контроль (без удобрений)	Доломитовая мука 3,5 т/га	N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> кг/га + доломитовая мука 3,5 т/га	Навоз 40 т/га + доломитовая мука 3,5 т/га
1-й год, 2014	96,0	116,7*	186,5*	194,8*
2-й год, 2015	116,1	125,9	298,4*	262,0
3-й год, 2016	175,5	201,4	747,3*	524,1
4-й год, 2017	206,8	209,3	431,8	392,5
5-й год, 2018	224,3	220,5	456,8	421,6
6-й год, 2019	118,5	114,2	358,9	329,7
Среднее	156,2	164,7	413,3	354,1
7-й год, 2020	Дозы азота, кг/га д. в.			
	N <sub>60</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>120</sub>	N <sub>90</sub>
	445,1	713,2	927,5	809,8

НСР<sub>05</sub> – 11,05 ц/га (2020 г.)

Примечание: \* – годы и варианты когда удобрения вносились.

Подкормка посевов сильфии более высокой (150 кг/га) дозой азота не способствовала увеличению урожая зеленой массы. Полученная урожайность (713,2 ц/га зеленой массы) не превысила урожай (809,8 и 927,5 ц/га) посевов, где дозы азота были меньше (90 и 120 кг/га). Это объясняется тем, что в предыдущие шесть лет (2014–2019 гг.) удобрения (NPK и навоз) не вносились, за исключением только доломитовой муки (в 2014 году 3,5 т/га). Поэтому растения имели слабое развитие, из-за чего густота посевов формировалась с меньшим количеством побегов в кусте и на гектаре (228,6 тыс. шт./га).

Проведенная подкормка (азот 90 и 120 кг/га) посевов сильфии на седьмой год жизни и ранее внесенные органические и минеральные удобрения способствовали развитию побегов и увеличению густоты до 371,4 и 377,6 тыс. шт./га соответственно. На варианте дозы азота 60 кг/га густота побегов была меньше (230,6 тыс. шт./га). Положительное влияние доломитовой муки на урожайность сильфии проявилось первые три года.

Исследование химического и питательного состава зеленой массы сильфии проводилось в фазе цветения растений. Уровень сухого вещества находился в пределах 14,7–15,9 % (табл. 2). Предварительно установлено, что концентрация сырого протеина в зеленой массе была минимальной (7,8 %) при подкормке дозой азота 60 кг/га. С повышением доз азота (90, 120 и 150 кг/га) содержание протеина увеличивалось (на 0,4–1,6 %) до 8,2–9,5 % при одновременном уменьшении (на 0,81–3,42 %) безазотистых экстрактивных веществ (с 53,09 до 49,67 %). С повышением дозы азота несколько увеличивалась концентрация клетчатки (до 29,2 %), жира (до 2,81 %) и золы (до 8,82 %).

Таблица 2. Химический и питательный состав зеленой массы сильфии в фазе начало цветения растений в зависимости от доз азота на седьмой год жизни посевов

Дозы азота	СВ, %	Содержание, % на абсолютно сухое вещество					Сахар, %	ОЭ, МДж/кг	Корм. ед.	Са	Р	Каротин, мг/кг
		СП	СК	СЖ	БЭВ	СЗ						
N <sub>60</sub>	15,8	7,8	28,5	2,68	53,09	7,93	15,6	9,87	0,79	1,25	0,29	66,4
N <sub>90</sub>	14,7	8,2	28,7	2,62	52,28	8,20	16,2	9,83	0,78	1,40	0,28	59,8
N <sub>120</sub>	15,6	9,5	29,2	2,81	49,67	8,82	13,1	9,74	0,76	1,52	0,30	78,4
N <sub>150</sub>	15,9	8,7	29,2	2,80	51,04	8,26	13,5	9,76	0,77	1,30	0,28	62,4

С увеличением дозы азота понижалась концентрация сахара (с 15,6 до 13,1 %), уменьшались показатели кормовых единиц (с 0,79 до 0,76) и обменной энергии (с 9,87 до 9,74 МДж/кг). Установлено высокое (59,8–78,4 мг/кг) содержание каротина в зеленой массе. Закономерная зависимость накопления кальция и фосфора от доз азота не выявлена.

Питательность сивльфии зависела от структуры зеленой массы. Структура определяется соотношением наиболее питательной части урожая – листьев и соцветий (корзинок, бутонов) к стеблям. В результате многолетних исследований было установлено, что с увеличением возраста посевов сивльфии на седьмой год жизни растений (в сравнении с посевами третьего года) снижается питательная ценность зеленой массы. Ухудшение качества происходит из-за увеличения концентрации клетчатки и снижения показателей сырого протеина, обменной энергии и кормовых единиц.

Снижение концентрации сырого протеина и увеличение клетчатки связано с образованием большого количества побегов в кусте и увеличением густоты посева с 212,2 тыс. шт./га до 377,6 тыс. шт./га. Вследствие этого понизилась качество зеленого корма из-за уменьшения доли листьев (с 36,2 % до 29,1 %) в урожае как наиболее питательной ее части. Уменьшение листьев в структуре зеленой массы произошло из-за высыхания нижних пар листьев в трех узлах стебля на высоте до 100 см.

Для получения силоса высокого качества из сивльфии (без масляной кислоты) началом и благоприятным временем (сроком) уборки зеленой массы может являться фаза начало цветения растений. Из-за повышенного содержания влаги в зеленой массе необходимо в процессе заготовки корма вносить влагопоглощающие компоненты и силосные добавки: сухую измельченную солому (сено), консерванты, патоку кормовую.

Азотная подкормка весной посевов седьмого года жизни положительно влияла на продуктивность сивльфии. Высокая продуктивность получена на посевах где была проведена подкормка дозой азота 120 кг/га вариант, где ранее вносились (N<sub>120</sub> P<sub>90</sub> K<sub>120</sub> кг/га – 2014–2016 гг. + доломитовая мука 3,5 т/га – 2014 г.) удобрения. При урожайности зеленой массы 927,5 ц/га выход с одного гектара сухого вещества составил 144,7 центнера, сырого протеина – 13,75 ц, обменной энергии – 140,9 ГДж и кормовых единиц – 110,0 центнера (табл. 3).

Таблица 3. Продуктивность сивльфии в зависимости от доз азота на седьмой жизни посевов

Контроль и удобрения	Доза азота в 2020 году кг/га д. в.	Урожайность зеленой массы, ц/га	Выход с 1 га			
			сухое вещество, ц	сырой протеин, ц	обменная энергия, ГДж	кормовые единицы, ц
Контроль (без удобрений) 2014–2019 гг.	N <sub>60</sub>	445,1	70,3	5,48	69,4	55,5
Навоз 40 т/га + доломитовая мука 3,5 т/га (2014 г.)	N <sub>90</sub>	809,8	119,0	9,76	117,0	92,8
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> кг/га (2014–2016 гг.) + доломитовая мука 3,5 т/га (2014 г.)	N <sub>120</sub>	927,5	144,7	13,75	140,9	110,0
Доломитовая мука 3,5 т/га (2014 г.)	N <sub>150</sub>	713,2	113,4	9,87	110,7	87,3

Продуктивность сивльфии была меньше при дозе азота 90 кг/га – вариант, где органические удобрения (полужидкий навоз крупного рогатого скота) в 2014 году вносились в запас, а потом посева шесть лет были без удобрений. Здесь урожайность зеленой массы была на уровне 809,8 ц/га. Наименьшая продуктивность сивльфии (зеленой массы – 445,1 ц/га, сухого вещества 70,3 ц/га, сырого протеина – 5,48 ц/га, обменной энергии – 69,4 ГДж/га, кормовых единиц – 55,5 ц/га) получена, где подкормка посевов проводилась дозой азота 60 кг/га (вариант: контроль – без удобрений 2014–2019 гг.).

### Заключение

Сивльфия пронзеннолистная на седьмой год жизни посевов хорошо отзывается на азотную подкормку, проведенную весной под междурядную обработку. На посевах сивльфии, где вносились (N<sub>120</sub> P<sub>90</sub> K<sub>120</sub> кг/га – 2014–2016 гг. + доломитовая мука 3,5 т/га – 2014 г.) удобрения, начиная с момента создания плантаций и включая периодическую подкормку, подкормка азотом 120 кг/га обеспечила формирование наивысшей продуктивности посевов. При урожайности зеленой массы 927,5 ц/га в фазе начало цветения растений (цветения корзинок 1–2-го порядка дихазия) выход сухого вещества с одного гектара составил 144,7 центнера, сырого протеина – 13,75 ц, обменной энергии – 140,9 ГДж и кормовых единиц – 110,0 ц. Органические удобрения (полужидкий навоз крупного рогатого скота – 40 т/га + доломитовая мука 3,5 т/га в 2014 г.), которые вносились при создании плантаций сивльфии, в первые годы обеспечили положительное влияние на урожайность зеленой массы. Наибольшее после-

действие навоза проявилось на третий год (2016) возделывания сильфии, что дало возможность получить 524,1 ц/га зеленой массы. На седьмой год возделывания сильфии подкормка азотом 90 кг/га обеспечила получение 809,8 ц/га зеленой массы.

Если при создании плантаций сильфии вносились органические удобрения или минеральные удобрения первые три года, то в последующие 3–5 лет хорошо развитые растения могут формировать продуктивность без удобрений на уровне 329,7–421,6 ц/га зеленой массы. На седьмой год жизни подкормка посевов сильфии азотом 60 кг/га, которые были без удобрений длительное время, обеспечила повышение (445,1 ц/га) урожая зеленой массы в 2,8 раза.

С увеличением возраста посевов на седьмой год жизни с образованием большого количества побегов и с засыханием листьев в прикорневой розетке и нижних листьев на стеблях установлено снижение качественного состава зеленой массы. Наибольшая (9,5 %) концентрация сырого протеина была при подкормке азотом 120 кг/га, питательная ценность по обменной энергии составила 9,74 МДж/кг, кормовых единиц – 0,76. Зеленая масса имеет высокое (49,67 %) содержание БЭВ, она хорошо обеспечена зольными элементами (8,82 %), сахаром (13,1 %) и каротином (78,4 мг/кг), умеренное содержание клетчатки (29,2 %). Для улучшения качественного состава зеленой массы и увеличения доли листьев и соцветий, как наиболее питательной части урожая, скашивание загущенных посевов сильфии необходимо проводить на более высоком срезе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов, А. Ф. О продуктивности и питательной ценности сильфии пронзеннолистной в условиях Западной Сибири / А. Ф. Степанов, М. П. Чупина // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2015. – № 9. – С. 40–47.
2. Архипенко, Ф. Н. Сильфия пронзеннолистная в лесостепи Украины / Ф. Н. Архипенко, В. И. Ларина // Кормопроизводство. – 2011. – № 2. – С. 36–37.
3. Выдрин, Ю. В. Продуктивность сильфии пронзеннолистной в зависимости от удобрений и режимов использования травостоя / Ю. В. Выдрин // Материалы VIII Всероссийского симпозиума по новым кормовым растениям / Российская академия наук, Уральское отделение, Коми научный центр, Ин-т биологии. – Сыктывкар, 1993. – С. 37–39.
4. Кулаковская, Т. В. Особенности химического состава малораспространенных кормовых растений / Т. В. Кулаковская // Современное состояние, проблемы и перспективы развития кормопроизводства: материалы Международной научно-практической конференции (г. Горки, 15–16 июня 2007 г.). – Горки: БГСХА, 2007. – С. 62–66.
5. Вавилов, П. П. Новые кормовые культуры / П. П. Вавилов, А. А. Кондратьев. – Москва: Россельхозиздат, 1975. – 351 с.
6. Цугкиева, В. Б. Содержание питательных веществ в сильфии пронзеннолистной / В. Б. Цугкиева, Б. Г. Цугкиев, Ф. Т. Маргиева // Кормопроизводство. – 2006. – № 6. – С. 29–30.
7. Романдина, М. Д. Результаты изучения новых силосных культур в Киргизии / М. Д. Романдина, В. Н. Скляр // Кормопроизводство. – 1976. – № 14. – С. 202–208.
8. Павлов, В. С. Новые сельскохозяйственные культуры в Северной зоне Белоруссии / В. С. Павлов // Тезисы Всесоюзного совещания по технологии возделывания новых кормовых культур. – Саратов; Энгельс, 1978. – Ч. 1. – С. 43–45.
9. Павлов, В. С. Продуктивность сильфии пронзеннолистной в зависимости от азотного удобрения / В. С. Павлов, И. Я. Пахомов, А. Н. Шпаков, Т. В. Якимчик // Химия в сельском хозяйстве. – 1984. – № 11. – С. 24–26.
10. Эдельштейн, М. М. Содержание сахаров в вегетативных органах новых силосных культур / М. М. Эдельштейн, И. В. Соловьева // Доклады ТСХА. Биология, земледелие и растениеводство. – 1975. – Вып. 209. – С. 51–55.
11. Емелин, В. А. Агробиологические и технологические основы возделывания и повышения продуктивности сильфии пронзеннолистной (*Silfium perfoliatum* L.): монография / В. А. Емелин. – Витебск: ВГАВМ, 2017. – 200 с.
12. Емелин, В. А. Влияния фаз развития растений, минеральных и органических удобрений на продуктивность сильфии пронзеннолистной химический состав и питательную ценность зеленой массы / В. А. Емелин, Б. В. Шелюто // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии: научно-методический журнал. – Горки. – 2020. – № 3. – С. 112–116.
13. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / МСХ СССР, ВНИИК им. В. Р. Вильямса. – М.: 1983. – 197 с.

## ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И БИОПРЕПАРАТА НА ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Е. И. КОГОТЬКО

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407 e-mail: Helena-Chirkun@yandex.by

(Поступила в редакцию 15.07.2021)

*Изучалось влияние макроудобрений, баковых смесей КАС с микроудобрениями и регуляторами роста и инокуляции семян бактериальным препаратом на элементы структуры и урожайность яровой мягкой пшеницы сортов Сабина и Тома. Установлено, что в среднем за 3 года исследований наибольшая урожайность зерна 54,0 и 49,0 ц/га соответственно по сортам Сабина и Тома, получена от применения подкормки баковой смесью КАС с регулятором роста Фитовитал на фоне минеральных удобрений  $N_{65}P_{60}K_{90}+N_{25}$  КАС. Урожайность зерна повышалась за счет увеличения продуктивного стеблестоя и озерненности колоса у сорта Сабина, а у сорта Тома – за счет увеличения густоты продуктивного стеблестоя и продуктивной кустистости.*

*При внесении микроудобрений совместно с КАС на фоне минеральных удобрений  $N_{65}P_{60}K_{90}+N_{25}$  КАС, наибольшая прибавка урожайности зерна получена при применении препарата ЭлеГум Медь – 2,9–3,6 ц/га соответственно по сортам Сабина и Тома. Урожайность зерна на сорте Сабина повышалась за счет увеличения продуктивной кустистости, на сорте Тома – еще и за счет увеличения густоты растений и продуктивного стеблестоя.*

*Инокуляция семян перед посевом бактериальным препаратом Ризобактерин на фоне минеральных удобрений  $N_{16}P_{60}K_{90}$  повышала урожайность зерна на 3,2–3,7 ц/га соответственно по сортам Сабина и Тома. На сорте Сабина увеличивалось количество сохранившихся к уборке растений и продуктивных стеблей, на сорте Тома повышалась озерненность колоса и масса 1000 зерен.*

**Ключевые слова:** элементы структуры, урожайность, яровая пшеница, сорта, удобрения.

*We have studied the influence of macro-fertilizers, tank mixtures of UAN with micronutrient fertilizers and growth regulators and inoculation of seeds with a bacterial preparation on the structural elements and yield of spring soft wheat varieties Sabina and Tom. It was found that, on average, over 3 years of research, the highest grain yield of 5.40 and 4.90 t / ha, respectively, for varieties Sabina and Tom, was obtained from the application of top dressing with a tank mixture of UAN with growth regulator Fitovital against the background of mineral fertilizers  $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}$  UAN. The grain yield increased due to an increase in the productive stalk mass and grain content of the ear in the Sabina variety, and in the Tom variety – due to an increase in the density of the productive stalk mass and productive tillering.*

*When applying micronutrient fertilizers together with UAN against the background of mineral fertilizers  $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}$  UAN, the greatest increase in grain yield was obtained when using the preparation EleGum Copper – 0.29-0.36 t / ha, respectively, for the varieties Sabina and Tom. The grain yield of the Sabina variety increased due to an increase in productive tillering, of the Tom variety also due to an increase in plant density and productive stalk.*

*Inoculation of seeds before sowing with the bacterial preparation Rizobacterin against the background of mineral fertilizers  $N_{16}P_{60}K_{90}$  increased the grain yield by 0.32–0.37 t / ha, respectively, for the varieties Sabina and Tom. In the Sabina variety, the number of plants and productive stems preserved for harvesting increased, in the Tom variety, the grain content of the ear and the weight of 1000 grains increased.*

**Key words:** structural elements, yield, spring wheat, varieties, fertilizers.

### Введение

Основными элементами, характеризующими структуру урожая зерновых культур являются: количество растений на метре квадратном перед уборкой урожая, количество стеблей на 1 м<sup>2</sup>, количество стеблей с колосом, количество зерен в колосе, масса тысячи зерен (или абсолютный вес зерна) [1, 2].

По данным Э. М. Мухаметова и др. [3], между урожайностью и густотой растений, побегов и продуктивных стеблей прослеживается тесная криволинейная связь и одинаковая урожайность может формироваться при различной густоте растений, побегов и продуктивных стеблей.

Анализ структуры урожая позволяет оценить влияние различных агротехнических приемов, в том числе условий минерального питания, на формирование отдельных элементов, составляющих биологическую продуктивность культуры. Это позволяет целенаправленно влиять на отдельные производственные процессы, происходящие в растениях и увеличивать необходимые хозяйственно полезные элементы структуры, а также оценить потребность растения в элементах питания в отдельные периоды органогенеза [1].

Целью исследований было изучение влияния макро-, микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата на элементы структуры и урожайность яровой пшеницы.

### Основная часть

Исследования с яровой пшеницей сортов Тома и Сабина проводились в 2009–2011 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА». Почва опытного участка дерново-подзолистая, легкосуглинистая среднекультуренная ( $I_{ок} = 0,68–0,73$  ед.), слабокислая и близкая к нейтральной ( $pH_{KCl} = 5,9–6,2$ ), с

низким и средним содержанием гумуса (1,41–1,58 %), с повышенным содержанием подвижного фосфора (172–242 мг/кг), со средним и повышенным содержанием подвижного калия (176–212 мг/кг).

Годы исследований различались по погодным условиям вегетационного периода: 2009 г. – избыточно влажный, 2010 г. – слабо засушливый, 2011 г. – нормальный.

В опытах под предпосевную культивацию вносили карбамид стандартный и с гуматными добавками (46 % N), аммонизированный суперфосфат (8 % N, 30 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), хлористый калий (60 % K<sub>2</sub>O). В фазу выхода в трубку (ВВСН 31-32) проводили подкормки баковыми смесями КАС (30 % N) с медным купоросом (200 г/га), жидкими удобрениями ЭлеГум Медь (1 л/га), Эколист Зерновые (3 л/га), Басфолиар 36 Экстра (5 л/га), Витамар (2 л/га), МикроСил Бор, Медь (1 л/га) и регуляторами роста Эпин (80 мл/га) и Фитовитал (0,6 л/га) [4, 5]. Для обработки семян применяли Ризобактерин, препарат на основе азотфиксирующих бактерий *Klebsiella planticola* (1,1 л/т).

Агротехника опыта – общепринятая, согласно отраслевому регламенту [6]. Предшествующая культура – яровой рапс. Полевой опыт закладывался в четырехкратной повторности, расположение делянок рендомизированное [7].

Статистическая обработка результатов исследований проводилась при помощи двухфакторного дисперсионного анализа на ЭВМ (Microsoft Excel 97-2003). Рассчитывался средний по годам исследований показатель наименьшей существенной разности (НСР<sub>05</sub>) [8].

Учет урожайности зерна производился сплошным поделяночным способом комбайном Сампо-500 с переводом на 14 % влажность и 100 % чистоту.

На сорте Сабина при повышении доз азотных удобрений на фоне P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> с 16 до 65 кг д. в./га отмечалось увеличение числа растений к уборке (на 20 шт./м<sup>2</sup>), количества продуктивных стеблей (на 28 шт./м<sup>2</sup>), количества зерен в колосе (на 6,9 шт.) и массы 1000 зерен (на 2,06 г). Урожайность зерна повышалась на 11,8 ц/га. Повышение доз азотных удобрений с 65 до 90 кг д. в./га на фоне P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> увеличивало урожайность зерна на 1,7 ц/га за счет увеличения продуктивного стеблестоя и продуктивной кустистости. Применение подкормки в фазе начала выхода в трубку N<sub>25</sub>КАС на фоне N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> увеличивало урожайность зерна на 3,3 ц/га за счет повышения количества растений к уборке по отношению к варианту N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> на 21 шт./м<sup>2</sup>, увеличения числа продуктивных стеблей в (на 44 шт./м<sup>2</sup>) и повышения продуктивной кустистости (на 0,04 ед.). Применение баковой смеси КАС с микроудобрением ЭлеГум Медь на фоне N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>+N<sub>25</sub>КАС повышало урожайность зерна на 2,9 ц/га по отношению к фону [9]. Увеличение урожайности было обусловлено повышением продуктивной кустистости.

Комплексные препараты Эколист Зерновые и Басфолиар 36 Экстра, применяемые совместно с КАС на фоне N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>+N<sub>25</sub>КАС повышали урожайность зерна на 2,5 и 1,5 ц/га соответственно к фону за счет повышения продуктивной кустистости. В варианте с применением Эколиста Зерновые отмечено также повышение количества продуктивных стеблей на единице площади, а в варианте с применением Басфолиар 36 Экстра повышалась масса 1000 зерен.

Применение регуляторов роста Эпин и Фитовитал совместно с КАС на фоне N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>+N<sub>25</sub>КАС повышало урожайность зерна на 1,4 и 6,0 ц/га соответственно по отношению к фону. Фитовитал способствовал повышению количества продуктивных стеблей и продуктивной кустистости (на 26 шт./м<sup>2</sup> и 0,11 ед.), а также повышалось число зерен в колосе (на 2,6 шт.). При применении Эпина отмечено повышение продуктивной кустистости.

На повышенном фоне минеральных удобрений в варианте N<sub>75</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>+N<sub>25</sub>КАС+N<sub>20</sub> густота растений к уборке составила в среднем за 3 года исследований 378 шт./м<sup>2</sup>, количество колосьев – 518 шт./м<sup>2</sup>, продуктивная кустистость составила 1,34 единицы, количество зерен в колосе 35,6 шт., масса 1000 зерен составила 34,1 г. Это обеспечило получение урожайности зерна на уровне 48,2 ц/га. При применении баковой смеси КАС с комплексным удобрением Эколист Зерновые на данном фоне минеральных удобрений, показатели густоты были на уровне фонового варианта, повышалась масса 1000 зерен, а количество колосьев и продуктивная кустистость значительно снижались.

Обработка семян биопрепаратом Ризобактерин на фоне минеральных удобрений N<sub>16</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> значительно увеличивала густоту растений к уборке по отношению к фоновому варианту – на 17 шт./м<sup>2</sup>. На данном варианте также увеличивалось количество стеблей с колосом (на 26 шт./м<sup>2</sup>). Урожайность зерна в данном варианте повышалась на 3,2 ц/га по отношению к варианту N<sub>16</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>.

На сорте Тома повышение доз азотных удобрений в основное внесение с 16 до 65 кг д. в./га на фоне P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> в среднем за 3 года исследований повышало количество растений к уборке с 378 до 399 шт./м<sup>2</sup> (на 21 шт.). Количество продуктивных стеблей в данном варианте возросло на 77 шт./м<sup>2</sup>. Отмечено увеличение продуктивной кустистости (на 0,04 ед.) и озерненности колоса (на 5,4 шт.). Урожайность зерна в данном варианте увеличивалась на 10,5 ц/га.

Повышение доз азотных удобрений с 65 до 90 кг д. в./га на фоне P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> по сравнению с вариантом N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> увеличивало продуктивную кустистость (на 0,11 ед.) и озерненность колоса (на 1,4 шт.), что повышало урожайность на 2,9 ц/га. Внесение баковых смесей КАС с микроудобрениями ЭлеГум, Медь и медный купорос на фоне N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>+ N<sub>25</sub>КАС повышало количество продуктивных стеблей (на 43 и 32 шт./м<sup>2</sup>) по сравнению с фоном. При внесении ЭлеГум Медь отмечено также и увеличение количества сохранившихся растений к уборке (на 11 шт./м<sup>2</sup>). Урожайность зерна на данных вариантах по сравнению с фоном возрастала на 3,6 и 2,5 ц/га соответственно по препаратам ЭлеГум Медь и медный купорос.

Комплексные жидкие удобрения Эколист Зерновые и Басфолиар 36 Экстра, применяемые совместно с КАС на фоне N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>+ N<sub>25</sub>КАС, повышали урожайность зерна яровой пшеницы сорта Тома на 2,9 и 3,4 ц/га соответственно по сравнению с фоном за счет увеличения количества продуктивных стеблей и продуктивной кустистости растений. При внесении Басфолиар 36 Экстра также повышалось и количество зерен в колосе (таблица).

**Влияние макро- микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата на густоту растений, биометрические показатели колоса и урожайность зерна яровой пшеницы (среднее за 2009–2011 гг.)**

Вариант опыта (фактор Б)	Количество к уборке, шт./м <sup>2</sup>		Продуктивная кустистость, ед.	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г.	Урожайность зерна, ц/га
	растений	колосьев				
<b>Сорт Сабина (фактор А)</b>						
1	339 (358*)	401 (421*)	1,19 (1,20*)	30,2 (29,1*)	32,3 (30,1*)	29,4 (28,3*)
2	357	444	1,24	29,2	32,5	32,9
3	403*	495*	1,23*	32,0*	31,6*	38,0*
4	377	472	1,25	36,1	34,9	44,7
5	398 (410*)	516 (535*)	1,29 (1,30*)	35,0 (35,6*)	34,3 (30,7*)	48,0 (43,5*)
6	371	489	1,32	35,2	34,6	46,4
7	382	509	1,33	33,7	34,7	47,2
8	393	511	1,30	35,8	33,8	48,4
9	395	522	1,32	35,7	34,7	50,9
10	401	551	1,37	35,4	33,6	50,5
11	380	505	1,33	35,0	35,9	49,5
12	399	535	1,33	36,4	34,5	49,1
13	378	522	1,38	35,7	34,7	49,4
14	386	542	1,40	37,6	34,5	54,0
15	410*	535*	1,30*	34,8*	29,6*	43,1*
16	378	518	1,37	35,6	34,1	48,2
17	371	495	1,33	35,3	35,0	49,2
18	374	470	1,24	28,4	32,5	36,1
19	381*	470*	1,24*	32,0*	32,5*	37,8*
<b>Сорт Тома (фактор А)</b>						
1	350 (395*)	344 (365*)	1,15 (1,14*)	29,2 (29,9*)	29,3 (27,5*)	27,4 (28,1*)
2	378	377	1,14	31,9	31,6	31,7
3	394*	404*	1,14*	36,9*	30,0*	36,8*
4	399	454	1,18	37,3	32,0	42,2
5	397 (427*)	453 (468*)	1,17 (1,15*)	37,5 (36,4*)	32,1 (30,0*)	43,2 (40,7*)
6	382	450	1,29	38,7	32,0	45,1
7	386	469	1,30	38,8	31,9	45,5
8	405	485	1,25	36,8	31,6	45,7
9	408	496	1,25	37,3	30,8	46,8
10	404	501	1,29	37,8	30,4	46,1
11	391	479	1,28	40,8	30,4	46,6
12	402	486	1,24	37,8	30,0	43,1
13	404	495	1,28	39,2	31,3	46,3
14	394	510	1,31	37,6	31,2	49,0
15	437*	495	1,19*	36,6*	30,0*	40,3*
16	393	515	1,38	37,1	31,6	48,6
17	387	517	1,38	37,3	31,6	49,0
18	378	364	1,12	36,9	32,8	35,4
19	407*	397*	1,13*	36,4*	31,7*	35,7*
НСР <sub>05</sub> (Б)	8,49 (10,36*)	9,23 (11,09*)	0,02 (0,02*)	0,96 (1,11*)	0,71 (0,76*)	0,9 (0,9*)
НСР <sub>05</sub> (А)	2,84 (3,36*)	3,08 (3,60*)	0,01 (0,01*)	0,32 (0,36*)	0,24 (0,25*)	0,3 (0,3*)
НСР <sub>05</sub> (АБ)	12,01 (14,64*)	13,04 (15,68*)	0,03 (0,03*)	1,36 (1,57*)	1,00 (1,08*)	1,3 (1,2*)

\* – среднее за 2010–2011 гг.; варианты опыта: 1. Без удобрений (контроль); 2. N<sub>16</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>; 3. N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>; 4. N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>; 5. N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>+ N<sub>25</sub>КАС – фон; 6. N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>; 7. N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> (мочевина с гуматами); 8. Фон + CuSO<sub>4</sub>×5H<sub>2</sub>O; 9. Фон + ЭлеГум Медь; 10. Фон+ Эколист Зерновые; 11. Фон + Басфолиар 36 Экстра; 12. Фон + Витамар; 13. Фон + Эпин; 14. Фон + Фитовитал; 15. Фон + МикроСил Бор, Медь; 16. N<sub>75</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>+N<sub>25</sub> КАС+N<sub>20</sub>; 17. N<sub>75</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>+N<sub>25</sub> КАС + Эколист Зерновые+N<sub>20</sub>; 18. N<sub>16</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>+Ризобактерин; 19. N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>+Ризобактерин.

Регуляторы роста Эпин и Фитовитал, применяемые совместно с КАС на фоне  $N_{65}P_{60}K_{90}+N_{25}КАС$  повышали количество продуктивных стеблей (на 42 и 57 шт./м<sup>2</sup>) и продуктивную кустистость (на 0,11 и 0,14 ед.), что привело к повышению урожайности зерна на 3,1 и 5,8 ц/га по отношению к фону.

Применение подкормки КАС совместно с комплексными удобрениями (Эколист Зерновые, Бас-фолиар 36 Экстра), микроудобрением с регулятором роста (ЭлеГум Медь), с комплексными микроудобрениями (Витамар, МикроСил Бор, Медь) и регуляторами роста (Эпин и Фитовитал) снижало массу 1000 зерен на 0,89 – 2,11 г по отношению к фону  $N_{65}P_{60}K_{90}+N_{25}КАС$ . Значительное повышение массы 1000 зерен наблюдалось на всех вариантах с применением минеральных удобрений по отношению к контрольному варианту.

Густота растений при повышении доз минеральных удобрений и двукратной подкормке азотом в варианте  $N_{75}P_{70}K_{120}+N_{25}КАС+N_{20}$  составила 393 шт./м<sup>2</sup>. В данном варианте показатели кустистости были самыми высокими по опыту: количество колосьев – 515 шт./м<sup>2</sup>, коэффициент продуктивной кустистости был на уровне 1,38 единиц. Проведение второй азотной подкормки КАС с Эколистом Зерновые не влияло на показатели структуры.

Обработка семян Ризобактерином на фоне  $N_{16}P_{60}K_{90}$  снижала количество продуктивных стеблей (на 13 шт./м<sup>2</sup>), при этом повышалось число зерен в колосе (на 5,0 шт.) и масса 1000 зерен (на 1,24 г). Урожайность зерна в данном варианте увеличивалась на 3,8 ц/га по отношению к варианту  $N_{16}P_{60}K_{90}$ .

### **Заключение**

Анализ структуры урожая сортов яровой пшеницы показал, что применяемые удобрения в большей мере влияли на изменение таких элементов, как масса 1000 зерен и густота продуктивного стеблестоя. На сорте Сабина также отмечено влияние на урожайность продуктивной кустистости, озерненности колоса и густоты растений к уборке, на сорте Тома – озерненности и густоты растений.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Растениеводство. Полевая практика: учеб. пособие / Д. И. Мельничук [и др.]; под ред. профессора Д. И. Мельничука. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 296 с.
2. Физиология сельскохозяйственных растений: в 12 томах / П. А. Генкель [и др.]; под ред. П. А. Генкеля. – Москва: изд-во московского ун-та им. М. С. Ломоносова: Т. 4: Физиология пшеницы. – 1969. – 556 с.
3. Технология производства и качество продовольственного зерна / Э. М. Мухаметов [и др.] – Минск: Дизайн ПРО, 1996. – 256 с.
4. Агротехника: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
5. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / Глав. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений; сост.: А. В. Пискун [и др.]. – Минск: Промкомплекс, 2017. – 688 с.
6. Возделывание яровой пшеницы. Типовые технологические процессы: отраслевые регламенты / Орг.-тех. нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов // Гос. науч. учреждение «Ин-т аграрной экономики, НАН Беларуси. – Минск. – 2005. – С. 46–65.
7. 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.
8. Дзямбіцкі, М. Ф. Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматгадовага палявога доследу / М. Ф. Дзямбіцкі // Вес. Акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – №3. – С. 60–64.
9. Коготько, Е. И. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от сорта, удобрений, росторегуляторов и инокулянта / Е. И. Коготько, И. Р. Вильдфлуш // Земледелие и растениеводство – 2020. – №6. – С. 23–28.

## ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОРТА И УДОБРЕНИЙ

И. Р. ВИЛЬДЛУШ, Е.И. КОГОТЬКО

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407 e-mail: Helena-Chirkun@yandex.by

(Поступила в редакцию 15.07.2021)

*Изучено влияние макро-, микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата на динамику потребления макроэлементов (азот, фосфор, калий) надземной массой растений яровой пшеницы сортов Сабина и Тома в период вегетации. Анализ динамики содержания макроэлементов в среднем за 3 года исследований показывает, что максимальное их количество в вегетативных органах наблюдается в начальные фазы роста растений, постепенно снижаясь по мере созревания.*

*Обеспечение растений азотом было главным фактором в повышении урожайности и качества зерна. На сорте Сабина содержание азота в зерне (а значит и сырого белка) сильно зависело от его содержания в растениях в фазы колошения и молочной спелости. Так, коэффициент корреляции в фазу колошения составил  $0,86 \pm 0,14$ , в фазу молочной спелости –  $0,76 \pm 0,18$ . Влияние азотного питания растений на урожайность зерна сильно проявлялось в фазу выхода в трубку ( $r = 0,78 \pm 0,17$ ).*

*На сорте Тома между содержанием общего азота в зерне и содержанием его в растениях в фазе колошения и молочной спелости также прослеживалась сильная прямая связь ( $r = 0,83 \pm 0,16$  и  $r = 0,76 \pm 0,18$ ). Между содержанием общего азота в надземной массе растений в фазу выхода в трубку и урожайностью зерна установлена средняя прямая связь ( $r = 0,61 \pm 0,22$ ).*

*Установлены оптимальные уровни содержания элементов питания в фазу выхода в трубку (% сухого вещества), при которых получена максимальная урожайность зерна (на сорте Сабина N:P:K=3,0:1,0:7,6, на сорте Тома – 2,8:1,1:7,2), а также оптимальные уровни NPK в фазу колошения, где было максимальное содержание сырого белка (на сорте Сабина – 1,5-1,7:0,6-0,7:3,5-4,5, на сорте Тома – 1,4-1,6:0,7:3,7-3,9).*

**Ключевые слова:** общий азот, фосфор, калий, фазы развития, яровая пшеница.

*We have studied the influence of macro-, micronutrient fertilizers, growth regulators and biological products on the dynamics of consumption of macroelements (nitrogen, phosphorus, potassium) by the aboveground mass of spring wheat plants of the Sabina and Tom varieties during the growing season. Analysis of the dynamics of the content of macroelements on average over 3 years of research shows that their maximum amount in vegetative organs is observed in the initial phases of plant growth, gradually decreasing with maturation.*

*Providing plants with nitrogen was a major factor in increasing crop yields and grain quality. In the Sabina variety, the nitrogen content in the grain (and hence the crude protein) strongly depended on its content in plants during the heading and milk ripeness phases. So, the correlation coefficient in the earing phase was  $0.86 \pm 0.14$ , in the phase of milk ripeness –  $0.76 \pm 0.18$ . The influence of nitrogen nutrition of plants on grain yield was strongly manifested in the phase of stemming ( $r = 0.78 \pm 0.17$ ).*

*In the Tom variety, a strong direct relationship was also observed between the total nitrogen content in grain and its content in plants in the heading and milk ripeness phase ( $r = 0.83 \pm 0.16$  and  $r = 0.76 \pm 0.18$ ). An average direct relationship ( $r = 0.61 \pm 0.22$ ) was established between the content of total nitrogen in the aboveground mass of plants during the stemming phase and the grain yield.*

*The optimal levels of the content of nutrients in the phase of going into the tube (% dry matter) were established, at which the maximum grain yield was obtained (in the Sabina variety NPK = 3: 1: 7.6, in the Tom variety – 2.8: 1.1: 7.2), as well as the optimal levels of NPK in the heading phase, where there was a maximum content of crude protein (in the Sabina variety – 1.5-1.6: 0.6: 3.5-4.2, in the Tom variety – 1.5: 0.7: 3.9).*

**Key words:** total nitrogen, phosphorus, potassium, development phases, spring wheat.

### Введение

Минеральное питание растений является одним из важных и регулируемых факторов, влияющих на продуктивность растений, урожайность и качество продукции. Правильное использование воздействия минерального питания в конкретных условиях формирования урожая позволяет получать максимальное значение данных показателей [1, с. 7]. Одним из методов оценки минерального питания растений является растительная диагностика. Она не только дает информацию об обеспеченности посевов основными элементами питания в период вегетации, но и помогает рационально использовать удобрения [2, с. 409].

В последнее время для повышения урожайности и качества продукции сельскохозяйственных культур, а также повышения эффективности применения минеральных удобрений широкое применение получили микроудобрения, регуляторы роста и биопрепараты [3, 4, 5].

Целью наших исследований было определение содержания основных макроэлементов в растениях яровой пшеницы по фазам развития в зависимости от применяемых макро-, микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата в конкретных почвенно-климатических условиях, а также определить оптимальные уровни содержания их в растениях в критические фазы развития, при которых обеспечивается получение высокой урожайности и качества зерна.

### Основная часть

Исследования проводились в 2009–2011 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА». Почва опытного участка дерново-подзолистая, легкосуглинистая среднекультуренная ( $I_{ок} = 0,68–0,73$  ед.), слабокислая и близкая к нейтральной ( $pH_{KCl} = 5,9–6,2$ ), с низким и средним содержанием гумуса

(1,41–1,58 %), с повышенным содержанием подвижного фосфора (172–242 мг/кг), с средним и повышенным содержанием подвижного калия (176–212 мг/кг).

В качестве объектов исследования выступали среднеспелые сорта яровой пшеницы Сабина и Тома.

В опытах под предпосевную культивацию вносили карбамид стандартный и с гуматными добавками (46 % N), аммонизированный суперфосфат (8 % N, 30 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), хлористый калий (60% K<sub>2</sub>O). В фазу выхода в трубку (ВВСН 31-32) проводили подкормки баковыми смесями КАС (30% N) с медным купоросом (200 г/га), жидкими удобрениями ЭлеГум Медь (1 л/га), Эколист Зерновые (3 л/га), Басфолиар 36 Экстра (5 л/га), Витамар (2 л/га), МикроСил Бор, Медь (1 л/га) и регуляторами роста Эпин (80 мл/га) и Фитовитал (0,6 л/га) [2, 6]. Для обработки семян применяли Ризобактерин, препарат на основе азотфиксирующих бактерий *Klebsiella planticola* (1,1 л/т).

Агротехника опыта общепринятая, согласно отраслевому регламенту [7]. Предшествующая культура – яровой рапс. Полевой опыт закладывался в четырехкратной повторности, согласно методике Б. А. Доспехова [8].

Определение агрохимических показателей почвы, содержания элементов питания в растительных образцах по фазам развития проводили по следующим методикам: рН<sub>KCl</sub> – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85), гумус – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), содержание в почве подвижных форм фосфора - на спектрофотометре, калия - на пламенном фотометре по методу Кирсанова (ГОСТ 26207-91), общий азот в растениях определяли по методу Кьендаля (ГОСТ 13496.4-93), фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26657-97), калий (K<sub>2</sub>O) – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504-97) после мокрого озоления растительных образцов по методу ЦИНАО.

Статистическая обработка результатов исследований проводилась при помощи двухфакторного дисперсионного анализа на ЭВМ (Microsoft Excel 97-2003). Установлены корреляционно-регрессионные связи между содержанием макроэлементов в надземной массе растений и урожайностью зерна, а также содержанием общего азота в зерне (Microsoft Excel 97-2003).

В среднем за 3 года исследований, содержание макроэлементов в надземной части растений яровой пшеницы двух сортов снижалось от фазы кушения до молочной спелости.

На сорте Сабина при повышении доз азотных удобрений с 16 до 65 кг д. в./га на фоне P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> содержание общего азота в растениях повышалось в фазы выхода в трубку, колошения и молочной спелости зерна на 0,49, 0,35 и 0,16 % соответственно по отношению к варианту N<sub>16</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. Содержание фосфора было больше в фазу кушения и выхода в трубку, содержание калия в растениях было высоким на протяжении всей вегетации растений.

Содержание общего азота в растениях при внесении 90 кг д. в./га азотных удобрений на фоне P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> было на уровне варианта с внесением 65 кг д. в./га азотных удобрений на том же фоне. Содержание фосфора немного увеличивалось в фазу колошения (на 0,08 %), калия – повышалось в фазах кушения и молочной спелости на 0,60 и 0,21 % соответственно по отношению к варианту N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>.

Азотная подкормка карбамид-аммиачной селитрой (КАС) в дозе 25 кг д. в./га в фазу выхода в трубку на фоне основного внесения N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> повышала уровень содержания общего азота в надземной массе растений в фазу колошения на 0,21 %, в фазу молочной спелости – на 0,18 % по отношению к варианту N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. Содержание фосфора также повышалось с фазы выхода в трубку до молочной спелости зерна. Содержание калия было на уровне варианта N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>.

Внесение баковой смеси КАС с медным купоросом и препаратом ЭлеГум Медь на фоне N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>25</sub>КАС не повышало содержание общего азота в растениях по отношению к фону. В фазу выхода в трубку отмечено повышение содержания фосфора и калия на варианте с применением медного купороса.

Применение комплексных удобрений Эколист Зерновые, Басфолиар 36 Экстра, Витамар совместно с КАС на фоне N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>25</sub>КАС не влияло на содержание общего азота в надземной части растений. Повышение содержания фосфора по отношению к фону отмечено в фазу молочной спелости на варианте с применением Басфолиар 36 Экстра (на 0,06 %). Повышение содержания калия отмечено в фазу выхода в трубку на варианте с применением Витамара.

Содержание общего азота в растениях было на уровне фонового варианта при применении баковой смеси КАС с регуляторами роста Эпин и Фитовитал на фоне N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>25</sub>КАС. При применении Эпина отмечено снижение содержания фосфора в растениях в фазу выхода в трубку по отношению к фону (на 0,09 %). на варианте с применением Фитовитала отмечено повышение калия относительно фонового варианта в фазы выхода в трубку и колошения (на 0,81 и 0,51 % соответственно).

Обработка семян бактериальным препаратом Ризобактерин на фоне минеральных удобрений N<sub>16</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> повышала содержание общего азота в растениях в фазу колошения на 0,14 % по сравнению с фоном N<sub>16</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. В фазу молочной спелости зерна отмечено повышение содержания фосфора в растениях (на 0,05 %) по отношению к варианту N<sub>16</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>.

Сорт Тома хорошо отзывался на повышение доз азотных удобрений с 16 до 65 кг д. в./га на фоне P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. Так, содержание общего азота в растениях повышалось в фазы выхода в трубку и колошения на 0,79 и 0,36 % соответственно по отношению к варианту N<sub>16</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. Содержание фосфора и калия в растениях было выше на протяжении всей вегетации растений.

Содержание общего азота в растениях при внесении 90 кг д. в./га азотных удобрений на фоне P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> было на уровне варианта с внесением 65 кг д. в./га азотных удобрений на том же фоне и повышалось только в фазу выхода в трубку (на 0,35 %). Содержание фосфора немного увеличивалось в фазу трубкования (на 0,07 %), калия – повышалось в фазах кушения на 0,51 % по отношению к варианту N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> (таблица).

Таблица 1. Содержание макроэлементов в надземной части растений яровой пшеницы по фазам развития, % на сухое вещество (среднее за 2009–2011 гг.)

Вариант опыта (фактор Б)	Кушение			Выход в трубку			Колошение			Молочная спелость		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Сорт Сабина (фактор А)												
1.	<u>2,89</u> 3,56*	<u>0,87</u> 0,85*	<u>6,18</u> 6,56*	<u>2,33</u> 1,92*	<u>0,83</u> 0,59*	<u>5,35</u> 4,24*	<u>1,10</u> 1,15*	<u>0,47</u> 0,43*	<u>2,31</u> 2,06*	<u>0,94</u> 0,99*	<u>0,44</u> 0,42*	<u>1,28</u> 1,32*
2.	2,86	0,95	6,40	2,28	0,85	5,66	0,97	0,52	2,54	0,87	0,45	1,50
3.	3,65*	1,12*	7,83*	1,79*	0,67*	5,29*	1,21*	0,52*	2,91*	0,97*	0,48*	1,84*
4.	3,56	1,13	7,47	2,77	0,97	7,01	1,32	0,57	3,67	1,03	0,45	1,69
5.	<u>3,59</u> 4,41*	<u>1,11</u> 1,05*	<u>7,49</u> 8,03*	<u>2,89</u> 2,42*	<u>1,07</u> 0,86*	<u>6,82</u> 6,07*	<u>1,53</u> 1,61*	<u>0,67</u> 0,60*	<u>3,70</u> 3,30*	<u>1,21</u> 1,25*	<u>0,49</u> 0,48*	<u>1,87</u> 1,90*
6.	3,77	1,15	8,07	2,99	1,03	7,27	1,42	0,65	3,94	1,10	0,47	1,90
7.	3,65	1,11	7,60	3,00	0,96	7,23	1,45	0,61	3,96	1,20	0,46	2,02
8.	3,55	1,12	7,62	3,06	1,00	7,58	1,53	0,58	3,53	1,12	0,46	1,84
9.	3,59	1,10	7,62	3,07	1,00	7,16	1,60	0,68	3,75	1,26	0,52	1,84
10.	3,60	1,13	7,53	2,92	1,01	7,24	1,57	0,69	3,88	1,15	0,50	1,94
11.	3,58	1,10	7,48	2,90	0,99	7,09	1,52	0,65	3,86	1,17	0,55	1,97
12.	3,58	1,12	7,55	3,01	1,00	7,46	1,47	0,64	3,75	1,11	0,50	1,96
13.	3,61	1,12	7,58	2,84	0,98	6,85	1,46	0,62	4,05	1,16	0,47	1,85
14.	3,64	1,12	7,57	3,03	1,02	7,63	1,59	0,62	4,21	1,11	0,50	1,92
15.	4,40*	1,04*	8,20*	2,64*	0,80*	6,49*	1,72*	0,58*	3,74*	1,31*	0,51*	1,99*
16.	3,57	1,15	7,53	3,14	1,06	7,49	1,68	0,68	4,48	1,26	0,52	2,09
17.	3,52	1,17	7,54	3,02	1,04	7,21	1,57	0,65	4,06	1,19	0,50	2,13
18.	2,71	0,95	6,20	2,28	0,87	5,89	1,11	0,57	2,73	0,87	0,50	1,52
19.	4,26*	1,08*	7,87*	2,01*	0,69*	5,46*	1,30*	0,44*	2,71*	0,98*	0,45*	1,73*
Сорт Тома (фактор А)												
1.	<u>2,51</u> 2,93*	<u>0,98</u> 0,96*	<u>5,64</u> 6,22*	<u>1,97</u> 1,63*	<u>0,92</u> 0,67*	<u>4,21</u> 3,64*	<u>0,95</u> 0,99*	<u>0,48</u> 0,43*	<u>2,29</u> 2,32*	<u>0,83</u> 0,87*	<u>0,44</u> 0,39*	<u>1,16</u> 1,20*
2.	2,74	1,12	6,31	2,01	0,95	5,16	1,04	0,47	2,70	0,92	0,39	1,37
3.	3,65*	1,35*	7,87*	1,99*	0,85*	5,92*	1,41*	0,64*	3,79*	1,12*	0,48*	1,95*
4.	3,57	1,33	7,64	2,80	1,12	6,91	1,40	0,65	3,60	0,90	0,40	1,75
5.	<u>3,54</u> 4,16*	<u>1,28</u> 1,30*	<u>7,56</u> 7,93*	<u>2,80</u> 2,37*	<u>1,04</u> 0,87*	<u>6,62</u> 6,10*	<u>1,39</u> 1,47*	<u>0,60</u> 0,52*	<u>3,28</u> 3,06*	<u>1,04</u> 1,13*	<u>0,44</u> 0,40*	<u>1,55</u> 1,63*
6.	3,80	1,27	8,15	3,15	1,19	7,11	1,46	0,65	3,80	0,99	0,38	1,82
7.	3,68	1,27	8,03	3,02	1,14	7,00	1,49	0,59	3,64	0,78	0,36	1,91
8.	3,57	1,32	7,73	2,92	1,15	6,80	1,53	0,66	3,67	1,12	0,45	1,90
9.	3,64	1,30	7,79	2,86	1,11	6,79	1,50	0,66	3,64	1,20	0,42	1,82
10.	3,56	1,29	7,75	2,94	1,07	7,22	1,27	0,60	3,53	1,16	0,39	1,60
11.	3,44	1,29	7,88	3,06	1,10	6,92	1,42	0,68	3,53	1,03	0,45	1,55
12.	3,55	1,33	7,72	3,17	1,10	7,49	1,51	0,69	3,96	1,00	0,46	1,76
13.	3,54	1,34	7,79	2,88	1,09	7,15	1,56	0,75	3,78	1,13	0,56	1,78
14.	3,66	1,32	7,86	2,84	1,11	7,15	1,40	0,72	3,90	1,11	0,50	1,88
15.	4,04*	1,31*	8,13*	2,57*	1,00*	6,45*	1,59*	0,65*	3,24*	1,22*	0,45*	1,87*
16.	3,91	1,33	7,73	3,06	1,08	7,08	1,49	0,69	3,88	1,30	0,50	1,83
17.	3,73	1,32	7,68	3,06	1,06	6,89	1,57	0,71	3,86	1,26	0,50	1,82
18.	3,00	1,19	6,87	2,25	0,95	5,51	1,01	0,56	2,57	0,81	0,48	1,50
19.	3,54*	1,22*	7,51*	1,78*	0,79*	5,24*	1,15*	0,58*	2,56*	0,95*	0,42*	1,58*
НСР <sub>05</sub> (А)	<u>0,53</u> 0,93*	<u>0,02</u> 0,02*	<u>0,16</u> 0,16*	<u>0,07</u> 0,08*	<u>0,02</u> 0,02*	<u>0,15</u> 0,19*	<u>0,04</u> 0,06*	<u>0,02</u> 0,02*	<u>0,13</u> 0,15*	<u>0,03</u> 0,04*	<u>0,01</u> 0,01*	<u>0,06</u> 0,07*
НСР <sub>05</sub> (Б)	<u>1,02</u> 1,76*	<u>0,07</u> 0,07*	<u>0,47</u> 0,50*	<u>0,21</u> 0,26*	<u>0,06</u> 0,07*	<u>0,45</u> 0,59*	<u>0,13</u> 0,17*	<u>0,06</u> 0,06*	<u>0,38</u> 0,46*	<u>0,10</u> 0,13*	<u>0,03</u> 0,04*	<u>0,18</u> 0,23*
НСР <sub>05</sub> (АБ)	<u>1,44</u> 2,49*	<u>0,09</u> 0,10*	<u>0,66</u> 0,70*	<u>0,31</u> 0,37*	<u>0,09</u> 0,11*	<u>0,64</u> 0,84*	<u>0,18</u> 0,24	<u>0,08</u> 0,08*	<u>0,53</u> 0,65*	<u>0,14</u> 0,18*	<u>0,05</u> 0,06*	<u>0,25</u> 0,33*

\* – среднее за 2010 – 2011 гг.; варианты опыта: 1. Без удобрений (контроль); 2. N<sub>16</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>; 3. N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>; 4. N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>; 5. N<sub>65</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>+ N<sub>25</sub>КАС – фон; 6. N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>; 7. N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> (мочевина с гуматами); 8. Фон + CuSO<sub>4</sub>×5H<sub>2</sub>O; 9. Фон + ЭлеГум Медь; 10. Фон+ Эколист Зерновые; 11. Фон + Басфолиар 36 Экстра; 12. Фон + Витамар; 13. Фон + Эпин; 14. Фон + Фитовитал; 15. Фон + МикроСил Бор, Медь; 16. N<sub>75</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>+N<sub>25</sub> КАС+N<sub>20</sub>; 17. N<sub>75</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>+N<sub>25</sub> КАС + Эколист Зерновые+N<sub>20</sub>; 18. N<sub>16</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>+Ризобактерин; 19. N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>+Ризобактерин.

Внесение баковой смеси КАС с медным купоросом и препаратом ЭлеГум Медь на фоне  $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$  повышало содержание общего азота в растениях по отношению к фону в фазе колошения на 0,14 % в варианте с применением медного купороса и в фазу молочной спелости (на 0,16 %) при применении ЭлеГум Медь. В фазу выхода в трубку отмечено повышение содержания фосфора на данных вариантах. Содержание калия при применении медного купороса повышалось по отношению к фону в фазах колошения и молочной спелости (на 0,39 и 0,35 % соответственно), при внесении ЭлеГум Медь повышение наблюдалось только в фазу молочной спелости.

Применение комплексных Басфолиар 36 Экстра и Витамар совместно с КАС на фоне  $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$  повышало содержание общего азота в надземной части растений в фазе трубкования на 0,26 и 0,37 % соответственно. Повышение содержания фосфора по отношению к фону отмечено в фазу колошения. Повышение содержания калия отмечено с фазы выхода в трубку до молочной спелости зерна на варианте с применением Витамара.

Содержание общего азота в растениях было на уровне фонового варианта при применении баковой смеси КАС с регуляторами роста Эпин и Фитовитал на фоне  $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС$ . На данных вариантах с фазы выхода в трубку существенно увеличивается содержание фосфора и калия.

Обработка семян бактериальным препаратом Ризобактерин на фоне минеральных удобрений  $N_{16}P_{60}K_{90}$  повышала содержание общего азота в растениях в фазу выхода в трубку на 0,24 % по сравнению с фоном  $N_{16}P_{60}K_{90}$ . В фазах колошения и молочной спелости зерна отмечено повышение содержания фосфора в растениях (на 0,09 %) по отношению к варианту  $N_{16}P_{60}K_{90}$ . Содержание калия было выше в фазу кущения по отношению к варианту  $N_{16}P_{60}K_{90}$  (на 0,56 %).

Так как азотное питание является главным фактором, определяющим урожайность и качество зерна на дерново-подзолистой почве, мы сопоставили ранее опубликованные данные по содержанию общего азота в зерне (а значит, и сырого белка) и урожайности зерна [9,10] с содержанием данного элемента в надземной массе растений. На сорте Сабина между содержанием общего азота в надземной массе растений в фазу колошения и молочной спелости и содержанием его в зерне, отмечена тесная прямая корреляционная зависимость. Так, коэффициент корреляции в фазу колошения составил  $0,86 \pm 0,14$  (зависимость выражалась уравнением  $y=1,13+0,80x$ ), в фазу молочной спелости –  $0,76 \pm 0,18$  ( $y=1,09+1,07x$ ). Влияние азотного питания в период вегетации на урожайность зерна сильно проявлялось в фазу выхода в трубку ( $r=0,78 \pm 0,17$ ) и выражалось уравнением  $y=10,02+12,71x$ .

На сорте Тома между содержанием общего азота в зерне и содержанием его в растениях в фазу колошения и молочной спелости также, как и на сорте Сабина, была выявлена тесная прямая связь ( $r=0,83 \pm 0,16$  и  $r=0,76 \pm 0,18$ ), выраженная уравнениями  $y=0,75+1,14x$  и  $y=0,99+1,27x$  соответственно по фазам. В отличие от сорта Сабина, на сорте Тома между содержанием общего азота в надземной массе растений в фазу выхода в трубку и урожайностью зерна установлена средняя прямая связь ( $r=0,61 \pm 0,22$ ), выраженная уравнением  $y=15,73+9,88x$ . Также на данном сорте отмечено повышение содержания общего азота в растениях в фазу молочной спелости, которое снижало урожайность зерна. В данном случае установлена средняя обратная связь ( $r=-0,39 \pm 0,26$ ), выраженная уравнением  $y=61,85-18,48x$ .

### **Заключение**

В результате проведенных исследований установлены оптимальные варианты применения удобрений и уровни содержания элементов питания в надземной массе растений, где были максимальные прибавки урожайности зерна и высокое содержание сырого белка. Так, на сорте Сабина и Тома наибольшие прибавки урожайности зерна в среднем за 3 года исследований получены на варианте  $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС +$  Фитовитал - 6,0 и 5,8 ц/га [10], где в фазу выхода в трубку растения содержали следующее количество макроэлементов в сухом веществе: сорт Сабина – 3,0 % N, 1,0 %  $P_2O_5$ , 7,6 %  $K_2O$ , сорт Тома – 2,8 % N, 1,1 %  $P_2O_5$ , 7,2 %  $K_2O$ . Высокое содержание сырого белка в зерне (на сорте Сабина – от 13,89 до 14,10 %, на сорта Тома – от 14,37 до 15,45 % [10]) было в вариантах  $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС +$  Фитовитал,  $N_{65}P_{60}K_{90} + N_{25}КАС + CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС + N_{20}$  и  $N_{75}P_{70}K_{120} + N_{25}КАС +$  Эколист Зерновые +  $N_{20}$ . Содержание макроэлементов в сухом веществе надземной массы растений в фазу колошения на данных вариантах было следующее: на сорте Сабина – 1,5-1,7 N; 0,6-0,7  $P_2O_5$ ; 3,5-4,5  $K_2O$ , на сорте Тома – 1,4-1,6 N; 0,7  $P_2O_5$ ; 3,7-3,9  $K_2O$ .

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Церлинг, В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник / В. В. Церлинг. – М.: Агропромиздат. 1990. – 235 с.
2. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.

3. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 293 с.
4. Исайчев, В. А. Зависимость динамики макроэлементов в растениях яровой пшеницы от предпосевной обработки семян регуляторами роста / В. А. Исайчев, Н. Н. Андреев, А. В. Каспировский // Вестник Ульяновской ГСХА – 2013. – № 3. – С. 14–19.
5. Карпова, Г. А. Динамика содержания элементов минерального питания в зеленой массе растений пшеницы и ячменя под действием бактериальных препаратов и регуляторов роста / Г. А. Карпова // Нива Поволжья – 2013. – №2. – С. 41–45.
6. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / Глав. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений; сост.: А. В. Пискун [и др.]. – Минск: Промкомплекс, 2017. – 688 с.
7. Возделывание яровой пшеницы. Типовые технологические процессы: отраслевые регламенты. // Орг.-тех. нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Гос. науч. учреждение «Ин-т аграрной экономики, НАН Беларуси. – Минск. – 2005. – С. 46–65.
8. 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.
9. Коготько, Е. И. Содержание и вынос элементов питания урожаем яровой пшеницы в зависимости от сорта, применяемых удобрений, регуляторов роста и биопрепарата / Е. И. Коготько, И. Р. Вильдфлуш // Земледелие и растениеводство – 2020. – №5. – С. 26–31.
10. Коготько, Е. И. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от сорта, удобрений, росторегуляторов и инокулянта / Е. И. Коготько, И. Р. Вильдфлуш // Земледелие и растениеводство – 2020. – №6. – С. 23–28.

## ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

В. А. ВОЛЫНЦЕВА, В. И. БУШУЕВА, Т. Л. ХРОМЕНКОВА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 16.07.2021)

*В статье показаны значение галеги восточной в кормопроизводстве Республики Беларусь и особенности приготовления различных видов кормов: зеленой подкормки, сена, сенажа, силоса, травяной муки. Изложена питательная ценность каждого вида корма и показана урожайность сухого вещества в зависимости от технологически и организационных факторов возделывания галеги восточной в условиях орошения. Из технологических факторов показано влияние на урожайность галеги восточной условий размещения посевов, биологических особенностей культуры, основных технологических приемов, системы удобрений, системы защиты растений при различных режимах орошения: 70 % НВ, 80 % НВ и без орошения. Установлено, что урожайность сухого вещества различалась как по годам, так и в зависимости от режимов орошения. В первый год жизни травостой галеги восточной формировали один, а в последующие годы – три укоса зеленой массы. В первый год хозяйственного использования (2016) урожайность сухого вещества варьировалась по вариантам от 6,06 до 14,74 т/га и достигла максимума к пятому году жизни 19,95–26,14 т/га. Наиболее низкие показатели урожайности сухого вещества отмечены в варианте без орошения, а максимальные в варианте 70 % НВ. В варианте 80 % НВ этот показатель имел промежуточное значение и превышал контроль в зависимости от года жизни травостоя на 3,31–7,63 т/га.*

*В статье также изложены организационные факторы формирования системы выращивания и использования галеги восточной в условиях орошения: соответствие специализации сельскохозяйственной организации, рациональный размер производства, организация производственных процессов, организация и стимулирование труда.*

**Ключевые слова:** галега восточная, системы выращивания и использования, виды кормов, питательная ценность, режимы орошения, урожайность, технологические приемы, организационные факторы.

*The article shows the importance of galega orientalis in the fodder production of the Republic of Belarus and the peculiarities of the preparation of various types of fodder: green top dressing, hay, haylage, silage, grass flour. The nutritional value of each type of feed is stated and the yield of dry matter is shown depending on the technological and organizational factors of the cultivation of galega orientalis under irrigation conditions. Among technological factors, we have shown the influence on the yield of galega orientalis of the conditions for the placement of crops, the biological characteristics of the crop, the main technological methods, the fertilizer system, the plant protection system under various irrigation regimes: 70 % minimum water capacity, 80 % minimum water capacity and without irrigation. It was found that the yield of dry matter varied both over the years and depending on the irrigation regimes. In the first year of life, the grass stands of galega orientalis formed one cut, and in subsequent years three cuts of green mass. In the first year of economic use (2016), the yield of dry matter varied according to options from 6.06 to 14.74 t / ha and reached a maximum by the fifth year of life of 19.95–26.14 t / ha. The lowest rates of dry matter yield were noted in the option without irrigation, and the maximum in the option of 70 % minimum water capacity. In the 80 % minimum water capacity variant, this indicator had an intermediate value and exceeded the control depending on the year of herbage life by 3.31–7.63 t / ha.*

*The article also outlines the organizational factors of the formation of the system of cultivation and use of galega orientalis under irrigation conditions: the correspondence of specialization of the agricultural organization, the rational size of production, the organization of production processes, the organization and stimulation of labor.*

**Key words:** galega orientalis, cultivation and use systems, types of feed, nutritional value, irrigation regimes, productivity, technological methods, organizational factors.

### Введение

Галега восточная в Республике Беларусь является одной из наиболее эффективных многолетних бобовых трав для производства различных видов высокобелковых растительных кормов, таких как зеленый корм, сено, сенаж, силос, травяная мука. Все виды кормов различаются между собой по питательной ценности, а их качество зависит от способов приготовления и фазы развития растений в период их скашивания. В зависимости от фазы развития в кормовой массе галеги восточной содержится 18,5–27,6 % протеина, 25,5–33,1 % клетчатки, 2,5–3,0 % жира, 7,2–10,6 % золы, 33,0–43,2 % БЭВ, 0,29–0,68 к.ед., 62,6–197,9 г ПП, 5,7–17,3 г Са, 0,79–3,3 г Р и от 27,0 до 142 мг/кг каротина [1, 2, 3].

Особенно эффективно использование галеги восточной в качестве зеленой подкормки, которая обладает наиболее высокой питательной ценностью в фазе стеблевания, а в последующие фазы развития растений, в период бутонизации, начала цветения и при созревании, ее питательность снижается. Высокопитательная подкормка, богатая витаминами в связи с особенностями роста и развития культуры используется ранней весной с середины мая и благодаря холодостойкости осенью до середины октября, когда в кормлении животных остро ощущается ее дефицит.

В 1 кг зеленого корма, убранный в фазе стеблевания, отмечено самое высокое содержание проте-

ина (27,6 %), жира (3,0 %), золы (10,6 %), ПП (197,9) и к.ед. (0,68). Менее питательным является корм при скашивании галеги в фазе цветения и созревания [1, 4].

В зеленой массе галеги восточной содержатся 18 аминокислот, из которых доля незаменимых составляет 38–47 %. В 1кг зеленой массы содержится, г: треонина – 1,48, аланина – 1,68, валина – 1,98, метионина – 0,46, изолейцина – 1,45, лейцина – 2,52, фенилаланина – 1,88, гистидина – 1,65, аргинина – 1,98. В фазе стеблевания их содержание самое высокое и составляет 183 г на 1кг сухого вещества. В фазе цветения галеги при неизменном составе аминокислот их содержание снижается на 30 %. Зеленая масса галеги отличается высоким содержанием минеральных солей и каротина, что характеризует ее как ценный поливитаминный корм для всех видов животных. Зеленый корм из галеги характеризуется хорошей переваримостью [1, 4].

Благодаря высокой устойчивости к вытаптыванию животными из галеги восточной весьма успешно можно получать зеленый корм на пастбищах, где можно выпасать все виды животных и птиц. Установлено, что скармливание галеги восточной животным не вызывает тимпанию и оказывает положительное влияние на молочную продуктивность коров, увеличивая удой на 13 %, а жирность молока – на 0,2–0,23 %. Охотно поедается травостой галеги овцами и козами.

Пастбища из галеги восточной можно использовать для выпаса свиней, которые охотно поедают молодой и сочный травостой. Весьма эффективно использование пастбищ при выгульном содержании птицы – кур, гусей, индеек, уток. Выгул птицы на травостоях галеги восточной благотворно сказывается на яйценоскости, позволяет значительно сократить в рационе дорогие белковые добавки.

Из галеги восточной можно приготовить высокопитательное сено, которое является основным видом грубого корма, заготавливаемого на период стойлового содержания животных. Благодаря высокой облиственности галеги и неосыпаемости листьев при сушке, сено из нее получают очень качественное. При заготовке сена значительное внимание уделяется сохранности его питательной ценности. Питательность сена из галеги во многом зависит от сроков скашивания и фазы развития растений. Оптимальным сроком скашивания галеги восточной на сено является период, когда растения вступают в фазу бутонизации – начала цветения. Скошенная в этот период зеленая масса, высушенная до 25%-ной влажности и запрессованная в тюки, содержит в 1кг: сухого вещества – 753,8 г, сырого протеина – 126,73, сырого жира – 22,38, сырой клетчатки – 222,52, БЭВ – 327,52, сырой золы – 54,65, кальция – 9,64, фосфора – 1,65 г, каротина – 76,33 мг [1].

При скармливании сена из галеги коровам улучшается их физиологическое состояние, повышается продуктивность и качество продукции. Скармливание сена баранам имеет высокую переваримость, которая составляет: сухого вещества – 59,4 %, протеина – 72,12, жира – 46,02, клетчатки – 48,7 и БЭВ – 70,9 %.

Качественным кормом из галеги восточной является сенаж, для приготовления которого целесообразно скашивать ее в более ранние фазы развития (до цветения), когда растения имеют самую высокую облиственность, а приготовленная сенажная масса является наиболее нежной и высокопитательной.

В 1кг сухого вещества сенажа из галеги восточной содержится 0,86– 1,0 к. ед., 10,3 – 11,1 МДж обменной энергии и 91,3 – 145,2 г переваримого протеина. Наиболее высокими показателями содержания кормовых единиц (1,0) и обменной энергии (11,1 МДж) характеризуется сенаж, приготовленный при скашивании галеги в фазе стеблевания, а переваримого протеина – в фазе бутонизации. Сенажный корм из галеги восточной, имеет кисловатый вкус (рН=5,0) и приятный фруктовый запах и весьма охотно поедается животными [1,4].

Из галеги восточной можно приготовить высокопитательный силос. При соблюдении технологических требований ее можно силосовать в чистом виде. Лучше силосуются провяленная галега с влажностью травы 63–65 % из которой получается качественный корм, в котором отсутствует масляная кислота. Содержание молочной кислоты при этом достигает 64,4–3,17 %.

Лучше силосуются травостой, убранный в фазе полного цветения – начала плодообразования при влажности 75–82 %, когда в растениях повышается содержание сухого вещества и сахара, снижается количество сырого протеина. Силос при этом получается хорошего качества с рН=4,0–4,5, в нем преобладают молочная и уксусная кислоты и практически отсутствует масляная. Если же массу провялить до 65%, то качество силоса еще больше повышается и увеличивается питательность корма. В 1 кг сухого вещества такого силоса содержится: обменной энергии – 3,6 МДж, кормовых единиц – 0,28 и переваримого протеина – 34 г. [1, 2, 3, 4].

Силосовать галегу восточную особенно эффективно в тех случаях, когда оставленный на семена травостой из-за дождливой пасмурной и прохладной погоды сформировал очень низкую урожайность семян и сильно полег. Силосование такого травостоя дает возможность максимально эффективно использовать его на кормовые цели и повысить при этом окупаемость затрат на возделывание культуры.

Один из наиболее эффективных способов использования культуры в кормопроизводстве является приготовление травяной муки, которое осуществляется путем быстрого высушивания ее горячим воздухом с последующим гранулированием. Это высокочрезвычайно затратный метод получения кормов и может использоваться при наличии достаточного финансирования. Но его качество и эффективность в кормопроизводстве оправдывает затраты. В травяной муке сохраняется 90–95 % питательных веществ, содержащихся в зеленой массе. По сравнению с сеном естественной сушки при производстве травяной муки увеличивается выход с 1 га: кормовых единиц – в 3,0, переваримого протеина – в 1,6, углеводов – в 3,5, каротина – в 8,0 раз. Наиболее высокой питательной ценностью характеризуется травяная мука, полученная при скашивании галеги восточной в период от начала бутонизации до цветения. В травяной муке из галеги содержатся все аминокислоты, и их сумма составляет 101,1 г/кг. Включение ее в рацион вместо части комбикорма положительно влияет на молочную продуктивность. Среднесуточный удой молока увеличивается на 1,5 кг (8,6%), а содержание жира в молоке повышается на 0,2–0,32 %.

Травяная мука из галеги оказывает положительное влияние на продуктивные качества свиней: увеличивается молочность свиноматок.

Таким образом, галега восточная является ценной и эффективной сельскохозяйственной культурой для приготовления самых разных высокопитательных, экологически чистых и дешевых кормов для всех видов животных и птиц.

С целью более интенсивного внедрения галеги восточной в сельскохозяйственное производство в Республике Беларусь созданы сорта отечественной селекции: Полеская, Нестерка, Садружнасьць, Надежда, БГСХА-2 и разработаны технологические приемы возделывания [1, 4].

Однако внедрение культуры в производство и расширение посевных площадей до сих пор осуществляется медленными темпами и причиной тому часто является несоблюдение отдельных технологических приемов возделывания культуры, таких как инокуляция и скарификации семян, а также использование для посева участков с повышенной кислотностью почвы.

В последние годы одним из факторов, сдерживающим темпы внедрения культуры в производство является изменение климата, обусловленное периодическим повторением засушливых весенне-летних периодов, когда из-за продолжительной засухи после посева полностью погибают молодые всходы галеги восточной. В таких случаях для сохранения посевов очень важно своевременно проводить орошение.

Поэтому целью наших исследований было изучить технологические и организационные факторы возделывания галеги восточной при различных режимах орошения.

#### **Основная часть**

Опыты по изучению возделывания галеги восточной в условиях орошения проводились в 2015–2019 гг. в северо-восточной части Беларуси, в УНЦ «Опытные поля БГСХА» «Тушково-1».

Объектом исследований служил сорт Нестерка, созданный в УО БГСХА.

Схема опыта включала следующие варианты:

- 1) без орошения (контроль);
- 2) орошение галеги восточной при снижении влажности почвы до уровня 80 % НВ в слое 0–40 см (в дальнейшем будет именоваться как 80 % НВ);
- 3) орошение галеги восточной при снижении влажности почвы до уровня 70 % НВ в слое 0–40 см (в дальнейшем будет именоваться как 70 % НВ).

Поливы осуществлялись барабанно-шланговой дождевальной установкой итальянского производства *Irriland Raptor*. Поливная норма для варианта 80 % НВ составляла 25 мм, а для 70 % НВ – 30 мм. В дальнейшем поливы проводились с учетом почвенных влагозапасов, которые контролировались на протяжении всего вегетационного периода в расчетных слоях 0,3, 0,4 и 0,5 м.

Площадь учетной делянки 115,5 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. Расположение делянок систематическое. Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом, плотность почвы – методом режущего кольца, наименьшая влагоемкость – методом заливных площадок [5]. Исследования биометрических показателей травостоя осуществлялись по общепринятым методикам [6, 7].

Система производства кормов из галеги восточной в условиях орошения состояла из технологических и организационных факторов (рис. 1).

А) Технологические факторы

Б) Организационные факторы

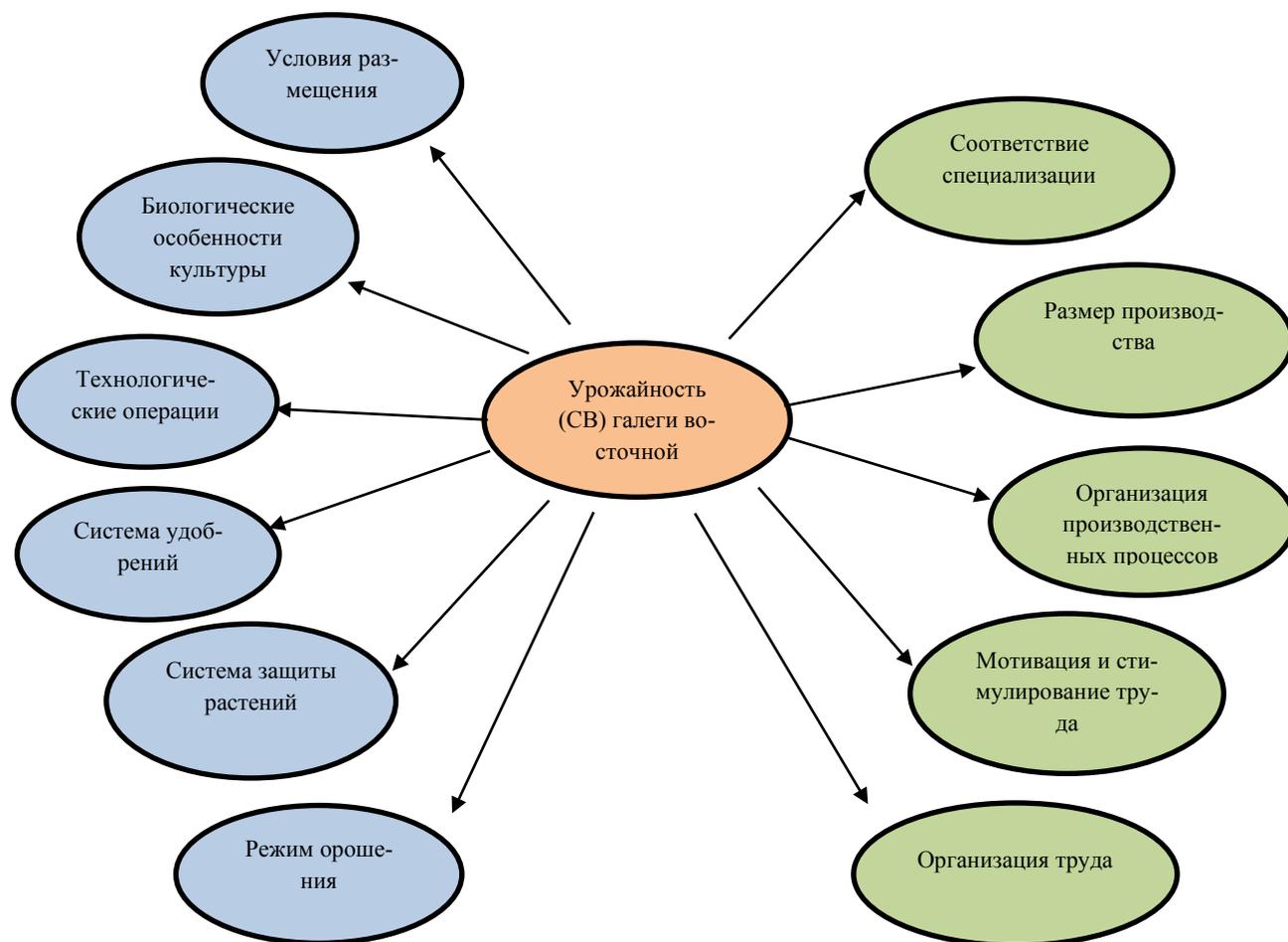


Рис. 1. Схема технологических и организационных факторов производства кормов из галеги восточной

Из технологических факторов нами учитывались требования к условиям размещения посевов, биологические особенности культуры, технологические операции, система удобрений, система защиты растений, соответствующие отраслевому регламенту возделывания галеги восточной и изучаемые нами режимы орошения.

Согласно отраслевому регламенту [6], *при размещении посевов* необходимо учитывать долголетие жизни травостоя галеги восточной на одном месте (20-30 лет и более) и подбирать поле, которое можно на продолжительный период вывести из севооборота. С учетом высокой потенциальной урожайности зеленой массы (более 75 т/га) для экономии затрат на транспортировку поле лучше размещать вблизи от места заготовки кормов и их хранения. Выбранное поле должно быть выровненным, максимально очищенным от сорняков с рН в КСl – 5,8–6,8, а почву для посева лучше использовать дерново-подзолистую или дерново-карбонатную, развивающуюся на любых породах.

В наших исследованиях размещение опытного участка соответствовало требованиям. Почва, где были заложены опыты по орошению галеги восточной, – дерново-подзолистая, легкосуглинистая, подстилаемая с глубины 1 м моренным суглинком и характеризовалась следующими агрохимическими и водно-физическими показателями: гумус – 1,54 %;  $P_2O_5$  – 283,9 мг/кг;  $K_2O$  – 239,0 мг/кг;  $pH_{КСl}$  – 6,43; плотность сложения для расчетного слоя почвы (0–40 см) – 1,32–1,43 г/см<sup>3</sup>; наименьшая влагоемкость для расчетного слоя почвы (0–40 см) – 20,0–22,67 % от массы сухой почвы (105,6–127,0 мм) и вполне соответствовала требованиям культуры.

*Биологические особенности галеги восточной* обеспечивают высокую адаптацию культуры к возделыванию в наших условиях и возможность получения из нее высокопитательных кормов различных видов. Галега переносит заморозки до  $-3-5$  °С без отрицательных последствий для роста и развития. Для прорастания семян галеги достаточна температура  $5-6$  °С, однако более равномерное появление всходов отмечено при температуре ( $10-15$  °С). При хорошей тепло-влагообеспеченности первые всходы появлялись через  $8-14$  дней [1, 2, 3].

Галега восточная достаточно влаголюбивое растение, особенно на начальном этапе роста и развития всходов, когда корневая система находится в стадии формирования. В последующие годы посевы галеги восточной в период формирования первого укоса меньше страдают от недостатка влаги, так как лучше, чем другие бобовые используют осенне-зимние осадки. Урожайность при последующих укосах также в значительной степени зависит от влагообеспеченности и резко снижается при недостатке влаги.

Галега восточная, произрастая на одном месте ежегодно может формировать два–три укоса зеленой массы при естественной влагообеспеченности, а при орошении – три. Культура весьма отзывчива на орошение, особенно в предпосевной и послеуборочный периоды. Орошение способствует быстрому отрастанию отавы и формированию высокой урожайности зеленой массы.

По отношению к свету она очень требовательна и не переносит затенения, особенно в начальный период роста. Так как в год посева более интенсивно развивается корневая система, а надземная часть отрастает медленно, она сильно засоряется сорной растительностью. Поэтому для обеспечения достаточной освещенности молодых растений рекомендуется подкосить сорняки на уровне выше, чем растения галеги. Это в значительной степени стимулирует рост надземной части и корневой системы галеги восточной в первый год жизни травостоя. На второй год жизни травостой галеги мощно развивается и полностью подавляет сорную растительность.

*Технологические операции по возделыванию галеги восточной на корм и семена* включают подготовку почвы, внесение удобрений, подготовку семян к посеву, посев, уход за посевом, включающий защиту растений от сорняков, болезней, вредителей и уборку на зеленый корм и семена, которые отражены в отраслевом регламенте [8].

В наших исследованиях подготовка почвы общепринятая, перед посевом вносились минеральные удобрения в дозе  $P_{60} K_{90}$ . Как бобовая культура галега восточная не нуждалась в азотных удобрениях, потребность в азоте она восполняла за счет симбиотической фиксации. Посев проводился в первой декаде мая, беспокровным способом с нормой высева семян  $12$  кг/га на глубину  $1,5$  см. Перед посевом проводилась инокуляция и скарификация семян. Для инокуляции использовался отечественный микробный препарат Ризофос из расчёта  $200$  мл на гектарную норму семян. Скарификацию семян проводили на скарификаторе, изготовленном в УО БГСХА [1].

В борьбе с сорной растительностью до всходов без заделки в почву вносили гербицид Пульсар SL, ВР –  $0,75$  л/га, а в фазе четырех настоящих листьев проводили обработку препаратом «Базагран-М»,  $0,5$  л/га и граминицидом Фюзилад форте нормой  $1,0$  л/га [1].

На 2–3-й и последующие годы жизни посевы галеги восточной были практически чистыми от сорняков. Уход в эти годы сводился к подкормкам ранней весной фосфорно-калийными удобрениями в дозе  $P_{60}K_{90}$  и боронованию. Уборка вариантов опыта проводилась вручную, а урожайность сухого вещества учитывалась сплошным методом, а семян методом пробного снопа по элементам структуры семенной продуктивности.

Особое внимание в наших исследованиях уделялось изучению влияния различных режимов орошения на урожайности сухого вещества и семян.

Режим орошения – это оптимальное число поливов, их правильное распределение по фазам роста и развития возделываемой сельскохозяйственной культуры, поливные и оросительные нормы, обеспечивающие получение наибольшей урожайности в конкретных природных условиях.

По результатам наших исследований количество поливов различалось в зависимости от условий года. Так, в засушливом 2015 г., в год посева, было выполнено по 8 поливов нормами  $20$  мм и  $30$  мм на вариантах  $80$  и  $70$  % НВ соответственно. В варианте  $80$  % НВ в 2016–2017 гг. понадобилось по два полива, а в 2018–2019 гг. – по одному поливу нормами  $25$  мм. В варианте  $70$  % НВ потребовалось по два полива в 2016, 2018, 2019 гг., а в 2017 г. – три полива нормой  $30$  мм.

Неравномерность распределения атмосферных осадков не только на протяжении исследований вегетационного периода конкретного года, но и по каждому году в отдельности оказывало влияние как на оросительную норму, так и на количество поливов и их минимальный межполивной интервал.

В зависимости от варианта опыта и условий года нами была получена различная урожайность сухого вещества галеги восточной. Так, в год посева или первый год жизни травостоя урожайность сухого вещества на всех вариантах опыта была невысокой, но самой низкой она оказалась на контрольном варианте без орошения и составила 1,47 т/га против 2,27 т/га в варианте 80 % НВ и 3,18 т/га – 70 % НВ (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность сухого вещества галеги восточной в 2015–2019 гг.

Варианты увлажнения	Годы	Единица измерения	1 укос	2 укос	3 укос	Всего	Прибавка урожая		
							±к контролю	±0,7НВ к 0,8НВ	
Контроль	2015	т/га	1,47	–	–	1,47	–	–	
		%	100	–	–	100	–	–	
	2016	т/га	2,29	2,20	1,57	6,06	–	–	
		%	37,79	36,30	25,91	100	–	–	
	2017	т/га	4,31	3,48	1,87	9,66	–	–	
		%	44,62	36,02	19,36	100	–	–	
	2018	т/га	6,2	2,78	3,61	12,59	–	–	
		%	49,25	22,08	28,67	100	–	–	
	2019	т/га	8,03	6,79	5,13	19,95	–	–	
		%	40,25	34,04	25,71	100	–	–	
	Среднее за 2016-2019 гг.	т/га	5,21	3,81	3,05	12,07	–	–	
		%	43,16	31,60	25,24	100	–	–	
	0,8НВ	2015	т/га	3,74	–	–	3,74	2,27	–
			%	100	–	–	100	154,42	–
2016		т/га	4,19	4,47	5,03	13,69	7,63	–	
		%	30,61	32,65	36,74	100	125,91	–	
2017		т/га	6,46	5,26	2,61	14,33	4,67	–	
		%	45,08	36,71	18,21	100	48,34	–	
2018		т/га	8,21	4,99	4,02	17,22	4,63	–	
		%	47,68	28,98	23,34	100	36,78	–	
2019		т/га	9,06	8,02	6,18	23,26	3,31	–	
		%	38,95	34,48	26,57	100	16,59	–	
Среднее за 2016-2019 гг.		т/га	6,98	5,69	4,46	17,13	5,06	–	
		%	40,76	33,20	26,04	100	41,94	–	
0,7НВ		2015	т/га	4,65	–	–	4,65	3,18	0,91
			%	100	–	–	100	216,33	24,33
	2016	т/га	4,39	4,77	5,58	14,74	8,68	1,05	
		%	29,78	32,36	37,86	100	143,23	7,67	
	2017	т/га	6,81	6,65	2,00	15,46	5,8	1,13	
		%	44,05	43,01	12,94	100	60,04	7,89	
	2018	т/га	9,54	6,19	4,24	19,97	7,38	2,75	
		%	47,77	31,00	21,23	100	58,62	15,97	
	2019	т/га	9,72	8,82	7,60	26,14	6,19	2,88	
		%	37,18	33,74	29,07	100	31,03	12,38	
	Среднее за 2016-2019 гг.	т/га	7,62	6,61	4,86	19,08	7,01	1,95	
		%	39,92	34,64	25,45	100	58,12	11,40	
	$\frac{HCP_{05}}{S_x}$	2015					0,03		
							0,01		
2016						0,63			
						0,18			
2017						0,39			
						0,11			
2018						0,46			
						0,13			
2019						0,77			
						0,22			

Различия между вариантами с орошением 80 % НВ и 70 % НВ составили 0,91 т/га, но в обоих вариантах урожайность сухого вещества достоверно превысила контроль.

Известно, что наиболее высокий показатель урожайности сухого вещества у галеги восточной можно получить на 4–5 годы жизни травостоя, что было подтверждено и результатами наших исследований. Так, в первый год пользования или второй год жизни травостоев (2016 г.) урожайность сухого вещества варьировала в зависимости от варианта опыта в пределах от 6,06 т/га в контроле до 13,69 в варианте 80 % НВ и 14,74 т/га – 70 % НВ. К пятому году жизни (2019) галега восточная сфор-

мировала урожайность сухого вещества 19,95 т/га в контрольном варианте, 23,26 и 26,14 т/га в вариантах 80 % НВ и 70 % НВ, соответственно. Как видно из полученных результатов, урожайность сухого вещества в варианте 80 % НВ на протяжении всего периода исследований занимала промежуточное положение, превышая аналогичные показатели в контрольном варианте на 2,27–3,31 т/га в зависимости года жизни травостоя, а в варианте 70 % НВ превышение над контролем по годам было наибольшим и варьировало от 3,18 до 6,19 т/га.

Анализ структуры распределения сбора сухого вещества по укосам в среднем за все годы исследований показал, что при возделывании галеги восточной в условиях естественной влагообеспеченности ( контрольный вариант) доля первого укоса в общей урожайности в среднем составила 43,16 %, второго – 31,60 и третьего – 25,24 %. При орошении в варианте 80 % НВ этот показатель составил 40,76 %, 33,20 и 26,04 % и варианте 70 % НВ – 39,92 %, 34,64 и 25,45 %, соответственно. По три укоса, но различного уровня урожайности было получено на травостоях начиная со второго года жизни благодаря своевременному выпадению осадков в летне-осенние периоды. Вместе с тем в вариантах с орошением повышался не только уровень урожайности каждого укоса, но и увеличилась доля второго укоса в общем урожае на 1,60–3,04 %.

В задачи наших исследований входило также изучение влияния орошения на уровень урожайности семян. Семена у галеги восточной можно получить только со второго года жизни травостоя и только с первого укоса. Для получения более устойчивого травостоя в условиях производства и получения высокой урожайности семян лучше использовать посев на семенные цели не ранее, чем с третьего года жизни. Поэтому оценка семенной продуктивности галеги восточной при различных режимах орошения проводилась нами в 2017–2019 гг. на 3–5-й годы жизни травостоя. При этом учитывались по годам количество генеративных побегов на 1 м<sup>2</sup>, бобов на 1 побеге, семян в бобе, масса 1000 семян и урожайность семян с 1 м<sup>2</sup>. Было установлено, что в среднем за три года урожайность семян галеги восточной составила в контрольном варианте 40,78 г/м<sup>2</sup>, в вариантах с орошением 80 % НВ – 67,61 г/м<sup>2</sup> и 70 % НВ – 87,47 г/м<sup>2</sup> (табл. 2).

Таблица 2. Структура урожайности семян галеги восточной в 2017–2019 гг.

Вариант увлажнения	Год	Количество генеративных побегов шт/м <sup>2</sup>	Количество бобов на одном побеге, шт.	Семян в бобе, шт.	Масса 1000 семян, г	Масса семян, г/м <sup>2</sup>	Прибавка урожайности при орошении	
							г/м <sup>2</sup>	%
Контроль	2017	25,0	51,40	3,30	5,10	30,30	–	
	2018	31,0	45,00	4,04	7,23	40,90	–	
	2019	33,0	62,4	4,02	5,59	51,15	–	
<b>Среднее</b>		<b>29,7</b>	<b>52,93</b>	<b>3,79</b>	<b>5,97</b>	<b>40,78</b>	–	
0,8НВ	2017	28,0	70,30	5,12	5,39	54,30	24,00	79,21
	2018	33,0	62,90	4,90	5,99	61,05	20,15	49,27
	2019	36,0	77,50	5,05	6,19	87,48	36,33	71,03
<b>Среднее</b>		<b>32,3</b>	<b>70,23</b>	<b>5,02</b>	<b>5,86</b>	<b>67,61</b>	<b>26,83</b>	<b>65,79</b>
0,7НВ	2017	30,0	81,40	5,56	5,49	74,40	44,10	145,54
	2018	34,0	73,70	5,53	6,19	86,02	45,12	110,32
	2019	31,0	93,50	5,51	6,39	101,99	50,84	99,39
<b>Среднее</b>		<b>31,7</b>	<b>82,87</b>	<b>5,53</b>	<b>6,02</b>	<b>87,47</b>	<b>46,69</b>	<b>114,49</b>
Примечание – НСР <sub>05</sub> урожайности семян: 2017 – 1,02 г/м <sup>2</sup> ; 2018 – 4,28 г/м <sup>2</sup> ; 2019 – 3,58 г/м <sup>2</sup> ;								

В результате орошения урожайность семян в варианте 80 % НВ повысилась на 26,83 и варианте 70 % НВ на 46,69 г/м<sup>2</sup>. При орошении наблюдалось увеличение количества бобов на одном побеге и семян в бобе. Лучшим по данным показателям был вариант 70 % НВ, где на один побег приходилось 83 боба, в каждом из которых формировалось по 5–6 шт. семян.

После уборки на семена, когда орошение уже не применялось, осенью в середине октября был проведен учет урожайности сухого вещества отросшего травостоя, определено в нем содержание сырых питательных веществ и дана оценка каждого варианта по удельному выносу питательных веществ из почвы.

Анализ полученных результатов исследований показал, что урожайность сухого вещества в зависимости от варианта опыта варьировала составила по годам 1,02–2,99 т/га в контроле, 1,04–3,26 и 1,31–3,70 т/га в вариантах с орошением 80 % НВ и 70 % НВ соответственно (табл. 3).

В сухом веществе контрольного варианта содержалось 24,40 % сырого протеина, 2,25 % сырого жира, 18,07 % сырой клетчатки и 46,34 % сырых БЭВ. Наибольшим содержанием сырых питательных

веществ в сухом веществе характеризовался вариант 0,7НВ, в котором содержалось 26,74 % протеина, 1,49 % жира, 21,20 % клетчатки и 40,92 % БЭВ.

Таблица 3. Характеристика отросшего после уборки на семена травостоя галеги (2017–2019 гг).

Вариант увлажнения	Год	Урожайность СВ, т/га	Содержание сырых питательных веществ в сухом веществе, %				Удельный вынос питательных веществ из почвы, кг/т		
			Протеин	Жир	Клетчатка	БЭВ	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	2017	1,02	22,63	2,31	17,75	48,94	36,21	3,63	38,34
	2018	2,99	25,19	3,97	15,62	46,12	40,30	3,94	47,23
	2019	1,97	25,39	0,48	20,83	43,96	40,63	3,65	47,61
<b>Среднее</b>		<b>1,99</b>	<b>24,40</b>	<b>2,25</b>	<b>18,07</b>	<b>46,34</b>	<b>39,05</b>	<b>3,74</b>	<b>44,39</b>
0,8НВ	2017	1,04	28,10	1,18	20,66	38,91	44,95	4,65	44,52
	2018	3,26	21,08	1,31	16,59	51,82	33,73	3,21	44,54
	2019	2,43	28,73	0,55	22,42	37,14	45,96	4,86	48,66
<b>Среднее</b>		<b>2,24</b>	<b>25,97</b>	<b>1,01</b>	<b>19,89</b>	<b>42,62</b>	<b>41,55</b>	<b>4,24</b>	<b>45,91</b>
0,7НВ	2017	1,31	30,18	1,04	24,62	33,92	48,29	4,87	47,10
	2018	3,70	20,61	1,05	17,45	51,71	32,97	3,10	43,46
	2019	2,96	29,43	2,37	21,52	37,12	47,10	3,63	37,91
<b>Среднее</b>		<b>2,66</b>	<b>26,74</b>	<b>1,49</b>	<b>21,20</b>	<b>40,92</b>	<b>42,79</b>	<b>3,87</b>	<b>42,82</b>

Примечание – НСР<sub>05</sub> урожайность сухого вещества: 2017 – 0,10 т/га; 2018 – 0,09 т/га; 2019 – 0,15 т/га;

В зависимости от варианта опыта с одной тонной сухого вещества вынос питательных веществ из почвы составил 39,05–42,79 кг азота, 3,74–4,24 кг подвижного фосфора и 42,82–45,91 кг обменного калия. Наименьшими показателями по выносу азота и подвижного фосфора характеризовался контрольный вариант, а обменного калия – вариант с орошением 70 % НВ.

Таким образом, орошение галеги восточной является важным технологическим фактором, обеспечивающим получение с каждого гектара большего количества питательных кормов, несмотря на имеющее место в наших условиях продолжительные засухи в период вегетации растений.

С технологическими факторами возделывания культуры тесно взаимодействуют организационные, предполагающие установление определенного размера ее производства в соответствии со специализацией сельскохозяйственного предприятия, организацию производственных процессов от посева до уборки культуры в соответствии с характером ее использования, организацию труда и его оплату. Организационные факторы – установление определенного порядка проведения работ в рамках организации кормопроизводства, формулирование целей и задач дальнейшего развития отрасли.

Как ценная кормовая культура для производства различных видов кормов: сена, сенажа, силоса, зеленого корма и др., различающихся между собой по питательной ценности, галега восточная может успешно возделываться в сельскохозяйственных предприятиях, специализирующихся на развитии молочно-мясного и мясо-молочного скотоводства.

Размер площади посева галеги восточной будет зависеть от численности животных, потребности животноводства в кормах по видам с учетом композиции травяных кормов в кормопроизводстве предприятия. При этом необходимо учитывать технологические особенности формирования травостоя галеги восточной, а также формировать страховые запасы травянистых кормов (кроме зеленых) в размере 20 %. Следует отметить, что рост размера страховых запасов кормов приводит к замедлению оборачиваемости оборотных средств и снижению эффективности производства в целом.

Организация выращивания галеги и производство из ее массы кормов определенного вида, как любой сельскохозяйственной культуры, включает организацию производственных процессов, представляющих собой совокупность действий людей и орудий труда, необходимых для выполнения определенных сельскохозяйственных работ, включая орошение. Правильная организация производственных процессов закладывает фундамент эффективной и качественной работы.

Рациональная организация работ возможна при соблюдении следующих принципов организации рабочих процессов: пропорциональность, согласованность, равномерность или ритмичность, непрерывность или поточность [9].

Под пропорциональностью понимается установление соразмерностей между производительностью работников и механизмов при выполнении отдельных операций. Пропорциональность должна быть установлена и в производительности машин, выполняющих разные, но взаимосвязанные между собой операции. При заготовке сенажа, например, устанавливается определенная пропорциональность в количестве кормоуборочных комбайнов и транспортных средств, что позволяет эффективно использовать весь комплекс машин. Согласованность предполагает выполнение отдельных работ в строго определенное для них время в предусмотренной последовательности. Это относится и к вы-

полнению отдельных операций единого рабочего процесса. Обеспечение равномерности, или ритмичности, позволяет выполнять все операции одного или нескольких взаимосвязанных между собой рабочих процессов в едином темпе и в едином ритме. При этом ритм (темп) обычно определяется наиболее высокопроизводительным агрегатом. Вместе с тем при заготовке силоса или сенажа потребность в технике и работа всего уборочного комплекса должна быть подчинена соблюдению оптимальных сроков заполнения траншеи, необходимых для обеспечения высокого качества кормов. Немаловажное значение имеет поточность, как форма организации рабочего процесса, приближенная к промышленности, когда процесс протекает непрерывно, последовательно переходя от одной операции к другой.

В организации производства сельскохозяйственных культур особого внимания требует организация и оплата труда. Учитывая срок использования травостоя галеги восточной, требуется особый подход к выбору формы организации труда и его оплаты. В зависимости от размера площади, занимаемой культурой в рамках производственной бригады целесообразно создание звена по посеву и уходу за посевами в первые годы формирования травостоя галеги. При этом оплата труда работников будет производиться по сделанным расценкам за объем выполненных работ, рассчитываемым в соответствии с действующим в сельскохозяйственной организации положением об оплате труда.

На период кормозаготовки актуальным является создание механизированного отряда, в состав которого входят звенья, выполняющие определенный набор работ в соответствии с рабочим планом. Схема комплексного мехотряда представлена на рис. 2.

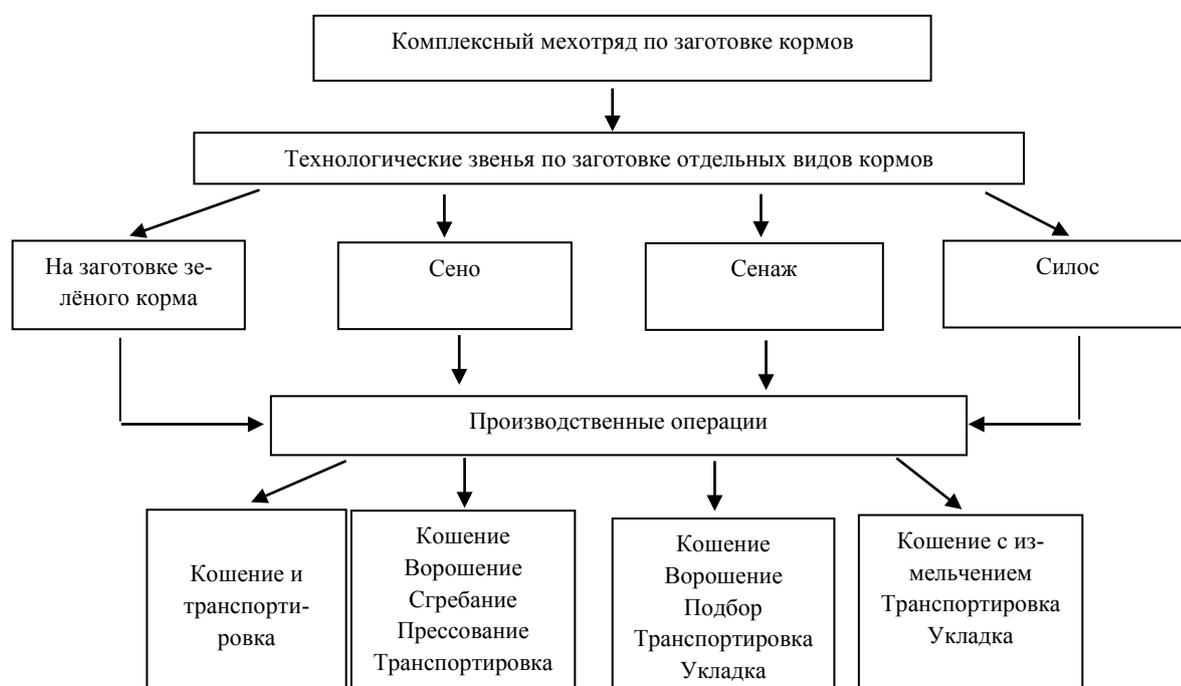


Рис. 2. Схема комплексного мехотряда по заготовке кормов из галеги восточной

В настоящее время сельскохозяйственные организации применяют различные подходы к материальному стимулированию в кормопроизводстве.

Так, на заготовке кормов для работников могут устанавливаться три расценки за продукцию: за корма I класса, за корма II класса и за корма III класса. Качество кормов определяется в соответствии с нормативным актом, утвержденным Минсельхозпродом в установленном законодательством порядке.

Расценка за тонну заготовленного сена, силоса, сенажа и других кормов определяется исходя из установленной нормы производства и тарифного фонда заработной платы исчисленного по технологическим картам на основе запланированного объема работ в том числе и с орошением, установленных норм выработки, действующих тарифных ставок.

В фонд заработной платы для определения расценки за продукцию рекомендуется включать повышенную оплату: за лучшие агротехнические сроки на заготовке кормов и выполнение утвержденных графиков кошения трав – в размере до 50 % тарифного фонда заработной платы; за тонну заготовленных кормов I класса – в размере до 150 % тарифного фонда заработной платы, II класса – в

размере до 130 % тарифного фонда заработной платы, III класса – в размере до 110 % тарифного фонда заработной платы. Заготовка неклассных кормов оплачивается по тарифу. Конкретный размер повышенной оплаты труда устанавливается непосредственно в хозяйстве в пределах имевшихся финансовых средств.

Если в технологической карте ручные работы составляют не более 10–15 % тарифного фонда, может рассчитываться единая расценка за единицу кормов для механизаторов и других работников, занятых на заготовке кормов. При их доле более 15 %, расценка устанавливается отдельно для механизаторов и для других работников, занятых на заготовке кормов [10].

Окончательные расчеты с работниками механизированного отряда, бригады, звена по расценкам производятся после закладки кормов в хранилища, проведения полного зоотехнического анализа на качество (класс) заготовленных кормов, сдачи и оприходования кормов и при наличии акта о результатах определения их качества.

### **Заключение**

Галега восточная является ценной кормовой высокобелковой культурой для производства различных видов кормов: зеленой подкормки, сена, сенажа, силоса, травяной муки, питательная ценность которых зависит от технологических и организационных факторов возделывания галеги восточной в условиях орошения.

Из технологических факторов на урожайность галеги восточной положительное влияние оказывают правильный подбор поля, условия размещения посевов, учет биологических особенностей культуры, соблюдение технологии возделывания. Важным технологическим фактором является орошение галеги восточной, обеспечивающее получение с каждого гектара более высокой урожайности сухого вещества и семян. Установлено, что наибольшая урожайность сухого вещества формируется при режиме орошения 70 % НВ, которая составила в первый год хозяйственного использования (2016) 14,74 т/га а на пятый год жизни – 26,14 т/га, превысив контроль на 3,31–7,63 т/га.

Урожайность семян в среднем за три года составила 87,47 г/м<sup>2</sup>, против 40,78 г/м<sup>2</sup> в контроле, превысив его более чем в два раза.

В зависимости от условий года различалось количество поливов, которое составило в засушливом 2015 г. – 8 поливов, в оптимальных по увлажнению годах 2016, 2018, 2019 г. – по два нормами 30 мм, а в избыточно влажном 2017 г. – три нормой 30 мм.

Кроме того, для более эффективного использования галеги восточной на кормовые цели в условиях орошения наряду с технологическими необходимо учитывать и организационные факторы. Все изучаемые факторы должны применяться в совокупности, как гарантия получения хороших результатов при выращивании и использовании ее для приготовления разных видов кормов. Применение принципов комплексного подхода позволит создать единую систему рассмотренных факторов и сформировать целостное представление о галеге восточной как очень значимой и высокоэффективной кормовой белковой культуре.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Бушуева, В. И. Галега восточная: монография. 2-е изд., доп. / В. И. Бушуева, Г. И. Тарануха. – Минск: Экоперспектива, 2009. – 204 с.
2. Ламан, Н. А. Рекомендации по возделыванию галеги восточной на корм и семена / Н. А. Ламан, В. И. Прохоров, И. М. Морозова. – Минск, 2004. – 43 с.
3. Кшниткина, А. Н. Козлятник восточный: монография / А. Н. Кшниткина. – Пенза: РИО ПГСХА. – Пенза, 2001. – 287 с.
4. Зенькова, Н. Н. Галега восточная (возделывание, продуктивность и использование на корм): анализ. Обзор / Н. Н. Зенькова, В. Г. Микуленок, В. Н. Шлапунов. – Минск, 2003. – 44 с.
5. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение. Практикум: учеб. пособие / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов, Р. Ф. Байбеков. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 256 с.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.
7. Полоус, Г. П. Основные элементы методики полевого опыта: учеб. пособие / Г. П. Полоус, А. И. Войсковой. – Изд. 2-е, доп. – Ставрополь: АГРУС, 2013. – 116 с.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 469 с.
9. Радюк, В. И. Организация сельскохозяйственного производства. Курс лекций: учебно-методическое пособие / В. И. Радюк. – Горки: БГСХА, 2019. – 203 с. – С. 15.
10. Шаргаева, А. Оплата труда работников сельскохозяйственных организаций при заготовке кормов – Нормирование и оплата труда № 6 2017г. С.14-19 – [Электронный ресурс]: Режим доступа [https://www.nitt.by/izdaniya/nitt/oplata-truda-rabotnikov-selskokhozyaistv\\_0000000](https://www.nitt.by/izdaniya/nitt/oplata-truda-rabotnikov-selskokhozyaistv_0000000) - Дата доступа 6.09.2021.

## БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ПЕРЦА ОСТРОГО

Н. В. ДЫДЫШКО, Т. В. НИКОНОВИЧ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь 213407, e-mail: dydyshko\_natalia@mail.ru

(Поступила в редакцию 16.07.2021)

*В статье представлены результаты комплексной оценки по хозяйственно полезным признакам сортов и гибридов перца острого. Исследования проводились в 2018–2020 годы на кафедре сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА. Было изучено 12 родительских форм и 35 гибридных комбинаций. Определены образцы, которые формировали урожайность от 2,6 до 3,2 кг/м<sup>2</sup>. Их биохимические показатели составили: сухое вещество 14,4–19,99 %, каротин 22,23–43,9 мг/100г, витамин С 78,27–319 мг/100г, капсаицин 0,28–1,71 %.*

*В результате селекционной работы выделены гибриды: Волгоград х Ёжики, Агдас х Ёжик, Девятка х Китай, которые превосходили сорт-стандарт Ёжик по урожайности на 15,4–23,1 %. По биохимическим показателям качества плодов лучшими были комбинации: Чегевара х Ёжик, Чегевара х Китай, Халапеньо х Ёжик, Агдас х Китай. Они формировали плоды с высоким содержанием сухого вещества, что на 21,3–38,8 % выше стандарта. Гибрид Агдас х Ёжик превзошёл стандарт по содержанию каротина на 97,5 %. Все гибридные комбинации отличались высоким содержанием витамина С, причем наибольшее его количество отмечено у Чегевара х Каин, Агдас х Китай, которые на 65,1–407,0 % превосходили стандарт. У образцов Агдас х Феферона кр, Агдас х Китай, Лара х Ёжик показатель содержания капсаицина был в 5,6–6,1 раза выше чем у сорта стандарта Ёжик.*

*Проведенная сравнительная оценка гибридов перца острого позволила выявить различия, как по урожайности, так и по качественным показателям плодов, и установить наиболее перспективные образцы.*

**Ключевые слова:** перец острый, гибрид, урожайность, капсаицин.

*The results of a comprehensive assessment of the economically useful characteristics of varieties and hybrids of hot pepper are presented in this article. The research was conducted in 2018–2020 at the Department of Agricultural Biotechnology, Ecology and Radiology of the BSAA. 12 parental forms and 35 hybrid combinations were studied. The samples that formed the yield from 2,6 to 3,2 kg/m<sup>2</sup> were determined. Their biochemical parameters were: dry matter 14,4–19,99 %, carotene 22,23–43,9 mg/100g, vitamin C 78,27–319,4 mg/100g, capsaicin 0,28–1,71 %.*

*As a result of breeding work, hybrids were identified: Volgograd x Ezhik, Agdas x Ezhik, Devyatka x Kitay, which exceeded the standard Ethic variety in yield by 15,4-23,1%. According to the biochemical indicators of fruit quality, the best combinations were: Chegevara x Ezhik, Chegevara x Kitay, Halapeno x Ezhik, Agdas x Kitay. They formed fruits with a high content of dry matter, which is 21,3–38,8 % higher than the standard. The hybrid Agdas x Ezhik exceeded the standard in terms of carotene content by 97,5 %. All hybrid combinations were characterized by a high content of vitamin C, and the greatest amount of it was noted in Chegevara x Cain, Agdas x Kitay, which exceeded the standard by 65,1–407,0 %. In the samples of Agdas x Feferon kr, Agdas x Kitay, Lara x Ezhik, the index of capsaicin content was 5,6–6,1 times higher than in the standard Ethic variety.*

*The comparative evaluation of hot pepper hybrids made it possible to identify differences in both yield and quality indicators of fruits, and to establish the most promising samples.*

**Key words:** hot pepper, hybrid, yield, capsaicin.

### Введение

Овощная продукция является необходимой составляющей полноценного питания человека. Это обусловлено содержанием в овощах большого количества полезных веществ, способствующих эффективному усвоению пищи, улучшению самочувствия, повышению его работоспособности. На современном этапе рынок овощной продукции динамично развивается, обеспечивая население Беларуси ценными продуктами питания, а промышленность – сырьем для переработки [1].

Стратегической целью развития сельского хозяйства республики на период до 2030 года является формирование конкурентоспособного на мировом рынке и экологически безопасного производства сельскохозяйственных продуктов, необходимых для поддержания достигнутого уровня продовольственной безопасности, обеспечения полноценного питания и здорового образа жизни, увеличения потребления произведенных внутри страны свежих овощей и равномерного снабжения ими потребителей в течение года. Объем производства овощных культур за последние пять лет увеличился на 3,8 % [4, 6].

Ассортимент овощей в Беларуси представлен в основном такими культурами, как капуста, лук, морковь, огурцы, томаты и перец сладкий. Выращивание перца острого расширяет ассортимент свежей овощной продукции. Особенностью перца острого является его использование как в свежем, так и высушенном, замороженном и маринованном виде. Перец не теряет своих свойств при термической обработке.

Значимость перца острого обусловлена также наличием в плодах горького вещества – алкалоида капсаицина. Плоды могут иметь от 0,02 до 1 % капсаицина, что придает им острый, жгучий вкус. По содержанию витамина С перцу острому принадлежит первое место среди овощных культур. Употребление свежего перца способствует укреплению капилляров кровеносной системы и накоплению в организме аскорбиновой кислоты, а также стимулирует выделение желудочного сока, улучшает аппетит и пищеварение.

За счет большого количества капсаицина плоды перца обладают мощным антибактериальным, уничтожают до 75 % вредных бактерий, и противовирусным действием, способствуют укреплению иммунитета, особенно сопротивляемости различным простудным заболеваниям. Небольшое количество чили стимулирует работу ЖКТ и повышает аппетит, снижает уровень сахара в крови, улучшает зрение. Стимулирует выделение эндорфина и помогает справиться с бессонницей, тревожностью и депрессией. Оказывает мягкое слабительное воздействие. Полезен для уменьшения лишнего веса. Обладает потогонным эффектом. Пластыри, настойки и мази на основе перца острого снимают мышечную и суставную боль, используются против выпадения волос.

Крупными производителями перца острого в Европе являются Испания, Венгрия, Болгария, Турция, Югославия и др. Большие площади под культуру пряного перца отведены в Мексике, США, Индии, Корее, Китае, в Северной Африке, Бирме, а также странах Закавказья. В настоящее время, в связи с растущим спросом на эту культуру, ведется селекционная работа по созданию и внедрению в производство новых сортов и гибридов.

Во многих странах мира, особенно в тропиках и субтропиках, широко распространены различные виды перца – *Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum* и *Capsicum pubescens*, которые имеют большое экономическое значение. Эти виды отличаются характерным приятным ароматом плодов и жгучестью, разнообразием форм и окрасок, высоким содержанием биологически активных веществ [4].

В настоящее время в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2020 г. внесено только 2 сорта перца острого для использования в сельскохозяйственном производстве – Ежик (2002 г.), Янка (2018 г.) [2].

Целью наших исследований являлось проведение анализа урожайности и биохимического состава плодов у сортов и, полученных нами, гибридов перца острого для выявления наиболее ценных гибридных комбинаций по комплексу хозяйственно полезных признаков.

#### **Основная часть**

Объектом исследования являлись сорта и гибриды перца острого, полученные по схеме топкроссов. 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 рассады в теплицу проводилась в середине апреля. Рассада высаживалась в теплицу в конце мая в трехкратной повторности, размещение вариантов опыта рендомизированное. На делянке размещалось по 3 растения, схема посадки 70х30 см. Основные элементы технологии возделывания перца острого общепринятые для необогреваемых пленочных теплиц [3].

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались по температурным показателям, количеству атмосферных осадков, а также наблюдались отклонения от средних многолетних данных.

Основные учеты проводились по общепринятым методикам. Сборы плодов выполнялись в биологической спелости, это вызвано тем, что максимальное количество капсаицина накапливается в них ко времени полного созревания, и именно это вещество определяет своеобразие данной пряности. Комплекс полевых агротехнических мероприятий осуществлялся вручную. Уход за растениями включал междурядную прополку по мере засорения посевов, поливы и биологическую защиту от вредителей и болезней. В ходе исследований определялись основные качественные показатели плодов и продуктивность растений. Биохимический анализ плодов (содержание сухого вещества, аскорбиновой кислоты, каротина, капсаицина) проводился в химико-экологической лаборатории УО БГСХА по общепринятым методикам: сухое вещество – ГОСТ 27548-97, каротин – ГОСТ 13496.17-95 п.1, витамин С – ГОСТ 24556-89 п.2, капсаицин – по методике А. И. Ермакова [4].

В результате исследования образцов по продуктивности установлено, что наиболее урожайным среди сортов был стандарт Ёжик. Его урожайность составила 2,6 кг/м<sup>2</sup>, что в два раза превышало урожайность большинства изучаемых сортов.

Главным показателем качества перца острого является биохимический состав. Сухое вещество растения состоит из органических и минеральных соединений. На долю органических соединений приходится до 80–95 % от общего количества сухого вещества. Главными органическими соединениями, входящими в состав растительной массы, являются белки, жиры и углеводы [9].

Концентрация сухого вещества в родительских образцах колебалась от 7,52 % до 19,39 %. Лучшими по данному показателю были Каин 19,39 % и Китай 19,28 %. Содержание каротина варьировало от 9,43 мг/100 г до 30,17 мг/100 г, наиболее высокий показатель был отмечен у сорта Чегевара 30,17 мг/100 г. По содержанию витамина С выделился сорт Лара – 99,27 мг/100 г. Интервал наблюдаемых концентраций капсаицина в плодах составил от 0,26 % – до 0,57 % Максимальная концентрация установлена в плодах сорта Лара (таблица). Таким образом, нами определены сорта, у которых биохимические показатели плодов значительно превосходили сорт стандарт Ёжик. Это сорта Каин, Чегевара и Лара.

**Биохимические показатели плодов и урожайность сортов и гибридов перца острого в 2018–2020 гг.**

Образец	Сухое в-во, %	Каротин, мг/100г	Витамин С, мг/100г	Капсаицин, %	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>
<b>Ежик(стандарт)</b>	<b>14,04</b>	<b>22,23</b>	<b>78,27</b>	<b>0,28</b>	<b>2,60</b>
Китай	19,28	16,70	75,70	0,30	1,03
Феферона кр.	18,87	21,20	77,63	0,45	1,30
Красный дракон	16,68	17,43	92,37	0,37	1,61
Девятка	8,52	11,20	71,73	0,22	2,32
Волгоград	7,52	12,70	83,77	0,35	1,50
Лара	13,59	23,70	99,27	0,57	2,20
Халапенью	13,14	18,07	73,23	0,33	1,61
Агдас	9,02	17,23	79,5	0,28	2,10
Зимрид	10,74	9,43	83,20	0,28	1,72
Чегевара	15,68	30,17	90,77	0,43	1,30
Каин	19,39	23,40	87,40	0,26	2,21
<b>X min</b>	<b>7,52</b>	<b>9,43</b>	<b>71,73</b>	<b>0,22</b>	<b>1,03</b>
<b>X max</b>	<b>19,39</b>	<b>30,17</b>	<b>99,27</b>	<b>0,57</b>	<b>2,60</b>
Девятка x Каин	13,84	27,23	111,40	1,04	2,21
Девятка x Китай	14,06	20,13	105,83	0,56	3,03
Девятка x Феферона кр.	13,66	31,63	110,80	0,83	2,42
Девятка x Кр. дракон	10,75	23,87	102,97	0,67	2,43
Девятка x Ёжик	12,55	20,10	93,30	0,41	2,91
Волгоград x Каин	14,88	28,53	103,37	0,95	2,21
Волгоград x Китай	16,82	16,47	112,97	1,23	2,10
Волгоград x Феферона кр.	15,38	23,73	89,90	1,28	2,32
Волгоград x Кр. дракон	16,50	24,57	95,90	1,25	1,83
Волгоград x Ёжик	13,33	36,87	98,50	0,89	3,22
Лара x Каин	11,17	15,43	98,60	0,69	2,40
Лара x Китай	14,28	20,60	95,10	0,23	2,62
Лара x Феферона кр.	16,00	21,73	103,53	0,87	1,81
Лара x Кр. дракон	12,43	23,00	108,77	1,11	2,60
Лара x Ёжик	15,29	19,73	116,03	1,58	2,73
Халапенью x Каин	14,44	26,27	96,67	0,66	2,32
Халапенью x Китай	15,41	17,97	87,27	0,58	2,21
Халапенью x Феферона кр.	12,81	24,53	104,17	0,32	2,31
Халапенью x Кр. дракон	12,77	36,73	112,17	0,48	2,20
Халапенью x Ёжик	17,47	31,50	103,60	0,92	2,62
Агдас x Каин	12,05	30,57	103,73	1,25	1,73
Агдас x Китай	17,84	25,20	129,33	1,66	1,90
Агдас x Феферона кр.	14,64	22,93	103,10	1,71	1,91
Агдас x Кр. дракон	13,38	28,00	110,90	1,15	1,90
Агдас x Ёжик	12,30	43,90	92,60	0,46	3,22
Зимрид x Каин	15,27	20,70	101,83	0,59	1,93
Зимрид x Китай	16,31	34,33	96,70	1,19	1,70
Зимрид x Феферона кр.	15,36	32,53	85,40	0,63	2,02
Зимрид x Кр. дракон	15,41	33,07	115,70	0,42	2,01
Зимрид x Ёжик	11,87	35,97	102,17	0,69	2,40
Чегевара x Каин	15,96	33,50	319,37	1,30	1,33
Чегевара x Китай	19,99	28,37	96,50	0,75	1,42
Чегевара x Феферона кр.	17,06	29,77	90,90	1,23	1,53
Чегевара x Кр. дракон	15,43	36,00	95,83	0,91	1,11
Чегевара x Ёжик	18,84	23,43	94,70	0,56	1,90
<b>X min</b>	<b>10,75</b>	<b>15,43</b>	<b>85,40</b>	<b>0,23</b>	<b>2,61</b>
<b>X max</b>	<b>19,99</b>	<b>43,90</b>	<b>319,37</b>	<b>1,71</b>	<b>1,11</b>

Урожайность гибридов перца острого в среднем за три года исследований колебалась от 1,1 кг/м<sup>2</sup> до 3,2 кг/м<sup>2</sup>. Самую высокую урожайность имели гибриды: Волгоград х Ёжик и Агдас х Ёжик – 3,2 кг/м<sup>2</sup>, Девятка х Китай – 3,0 кг/м<sup>2</sup>. Наименьшим показателям урожайности обладал гибрид Чегевара х Кр. дракон 1,1 кг/м<sup>2</sup>.

Изучаемые гибриды отличались по содержанию сухого вещества, его количество варьировало от 10,75 % до 19,99%. Гибридные комбинации Чегевара х Ёжик, Чегевара х Китай, Халапеньо х Ёжик, Агдас х Китай формировали плоды с высоким содержанием сухого вещества от 17,47 до 19,99 %.

Количество каротина во многих овощных культурах незначительно. Перец острый относится к тем растениям, которые считаются наиболее богатыми каротином. В результате исследований полученных нами гибридов перца острого установлено, что содержание каротина в плодах находилось в пределах от 15,43 до 43,90 мг/100г. Лучшим по данному показателю был гибрид Агдас х Ёжик, самый низкий показатель оказался у гибридной комбинации Лара х Каин.

Содержание витамина С в исследуемых образцах варьировало от 87,2 до 319,37 мг /100г. Наибольшее содержание витамина С отмечено у гибридов Чегевара х Каин (319,37 мг /100г), Агдас х Китай (129,3 мг /100г), наименьшее – у Зимрид х Феферона кр. (85,4 мг /100г), Халапеньо х Китай (87,27 мг /100г) Волгоград х Феферона кр. (89,9 мг /100г). Все образцы превосходили стандарт по этому показателю.

Острота перца оценивается по шкале Сковилла и анализируется с помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии. Имеется пять уровней остроты (мг/г сухой массы): неострые – до 60, слабоострые 60–200, средне острые 201–334, сильно острые 335–2009 и очень острые – больше 2010–6670.

На территории Республики Беларусь с учетом климатических условий и биологических характеристик культуры перца острого для выращивания предпочтительны сорта и гибриды, формирующие плоды со слабо и средне острой степенью остроты [7].

У изучаемых образцов содержание капсаицина составило от 0,23 до 1,71 %, наиболее высокий показатель отмечен у гибридов: Агдас х Феферона кр (1,71 %), Агдас х Китай (1,66 %), Лара х Ёжик (1,58 %), самый низкий – у Лара х Китай (0,23 %). Лучшие комбинации гибридов относятся к средне острой группе остроты.

### **Заключение**

Таким образом, в результате трехлетних исследований были выделены гибриды перца острого, обладающие комплексом хозяйственно ценных признаков, превосшедшие сорт стандарт и представляющие интерес для селекции перца острого. Среди изучаемых гибридов высокую урожайность имели гибридные комбинации: Волгоград х Ёжик и Агдас х Ёжик, Девятка х Китай. Плоды с высоким содержанием сухого вещества формировались у гибридов Чегевара х Ёжик, Чегевара х Китай, Халапеньо х Ёжик, Агдас х Китай. Лучшим по содержанию каротина был гибрид Агдас х Ёжик. Наибольшее количество витамина С в плодах отмечено у образцов Чегевара х Каин, Агдас х Китай. Высокий показатель капсаицина установлен у гибридов: Агдас х Феферона кр., Агдас х Китай, Лара х Ёжик.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Антонович, М. Современные тенденции развития рынка плодоовощной продукции в зарубежных странах и Республике Беларусь / М. Антонович // *Аграрная экономика*. – 2020. – № 5. – С. 7–16.
2. Государственный реестр сортов и древесно – кустарниковых пород /отв. Ред. В. А. Бейня; Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2020. – 270с.
3. Доспехов, Б. А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1972.
4. Ермаков, А. И. Методы биохимического исследования растений исследований / А. И. Ермаков. – Ленинград: Колос 1972 г. – 456с.
5. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 15 декабря 2017 г. № 962 / Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь от 19 декабря 2017 г. № 5/44566.
6. Пышная, О. Н., Мамедов М. И., Пивоваров В. Ф. Селекция перца / М.: Изд-во ВНИИССОК, 2012. – 248 с.
7. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2020. – 211 с.
8. Стандарт ЕЭК ООН, касающийся сбыта и контроля товарного качества целых сушёных стручковых острых перцев ООН 20132020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/promotion/Brochures/WholeDriedChilliPeppers/LowResolution\\_WholeDriedChilli\\_Rus.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/promotion/Brochures/WholeDriedChilliPeppers/LowResolution_WholeDriedChilli_Rus.pdf) – Дата доступа: 12.08.2021.
9. Дыдышко, Н. В. Оценка исходного материала перца острого по биохимическому составу плодов / Н. В. Дыдышко, Т. В. Никонович // *Сборник материалов 6-го Белорусско-Балтийского форума*. – 2020. – № 5. – С. 112–113.

## МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 637.116.4

### МЕТОДИКА АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВАКУУМНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

А. В. КИТУН

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь, 220023, e-mail: ktmg@batu.edu.by

П. Ю. КРУПЕНИН

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: pavel@krupenin.com

(Поступила в редакцию 17.05.2021)

*Животноводство является важнейшим звеном агропромышленного комплекса. Рост производства продукции животноводства, снижение затрат кормов и труда на единицу продукции невозможны без рационального использования средств механизации технологических процессов на животноводческом предприятии.*

*К сожалению, в ряде сельскохозяйственных предприятий все еще сохраняется поверхностный подход к средствам механизации, используемым на животноводческих фермах и комплексах. В результате небрежного отношения к технике, неправильной ее эксплуатации и плохой организации технического обслуживания такие предприятия несут существенные потери. Своевременная диагностика и обслуживание доильного оборудования позволяют избежать негативных последствий, проявляющихся в падении продуктивности животных и росте числа заболеваний.*

*Решению этой проблемы должно содействовать расширение практики диагностирования доильного оборудования с использованием специализированного оборудования, позволяющего с высокой точностью определять такие рабочие параметры технического состояния узлов доильной установки, как вакуумметрическое давление и расход воздуха. Однако на этом пути имеются подводные камни в виде различий в нормативно-технической документации стран СНГ и дальнего зарубежья, регламентирующей порядок проведения диагностических операций и анализ получаемых данных.*

*Из отечественных образцов диагностического оборудования заслуживает внимания прибор проверки доильных установок ППДУ-01, позволяющий измерять уровень вакуумметрического давления в статических и динамических режимах работы доильного оборудования и расход воздуха. В связи с тем, что объем воздуха изменяется при изменении его температуры и давления, то измеренные значения подлежат приведению к определенным стандартным условиям. Математические зависимости, используемые для этого приведения, установлены в соответствующей нормативно-правовой документации.*

**Ключевые слова:** диагностирование, доильная установка, вакуумная насосная станция, неисправность, водокольцевой насос.

*Livestock raising is the most important link in the agro-industrial complex. An increase in the production of livestock products, a decrease in the cost of feed and labor per unit of production is impossible without the rational use of means of mechanizing technological processes at a livestock enterprise.*

*Unfortunately, a number of agricultural enterprises still retain a superficial approach to the means of mechanization used on livestock farms and complexes. As a result of neglect of equipment, improper operation and poor organization of maintenance, such enterprises incur significant losses. Timely diagnostics and maintenance of milking equipment allow avoiding the negative consequences manifested in a drop in animal productivity and an increase in the number of diseases.*

*The solution to this problem should be facilitated by the expansion of the practice of diagnosing milking equipment with the use of specialized equipment that makes it possible to determine with high accuracy such operating parameters of the technical condition of the milking installation units as vacuum pressure and air flow. However, this path has pitfalls in the form of differences in the normative and technical documentation of the CIS countries and far abroad, which regulates the procedure for conducting diagnostic operations and analyzing the data obtained.*

*Of the domestic samples of diagnostic equipment, the device for checking milking installations PPDU-01 deserves attention, which allows you to measure the level of vacuum pressure in static and dynamic modes of operation of milking equipment and air consumption. Due to the fact that the volume of air changes with a change in its temperature and pressure, the measured values must be brought to certain standard conditions. The mathematical dependencies used for this reduction are established in the corresponding regulatory documents.*

**Key words:** diagnostics, milking machine, vacuum pumping station, malfunction, water ring pump.

## Введение

Животноводство является важнейшим звеном агропромышленного комплекса. Эта отрасль дает человеку ценные продукты питания, а также сырье для промышленности. Рост производства продукции животноводства, снижение затрат кормов и труда на единицу продукции немислимы без рационального использования средств механизации технологических процессов на животноводческом предприятии [1].

К сожалению, в ряде сельскохозяйственных предприятий все еще сохраняется поверхностный подход к средствам механизации животноводческих ферм и комплексов. В результате небрежного отношения к технике, неправильной ее эксплуатации и плохой организации технического обслуживания такие предприятия несут существенные потери. Своевременная диагностика и обслуживание доильного оборудования позволяют избежать негативных последствий, проявляющихся в падении продуктивности и росте числа больных животных [2].

Решению этой проблемы может содействовать расширение практики диагностирования доильного оборудования с использованием специализированного оборудования, позволяющего с высокой точностью определять такие параметры технического состояния узлов доильной установки, как вакуумметрическое давление и расход воздуха [3]. Однако на этом пути имеются подводные камни в виде различий в нормативно-технической документации стран СНГ и дальнего зарубежья, регламентирующей порядок проведения диагностических операций и анализ получаемых данных.

## Основная часть

Целью диагностирования вакуумной насосной станции доильной установки является оценка показателей ее работы на предмет соответствия требованиям нормативно-технической документации. Для определения подачи вакуумного насоса могут применяться как простейшие расходомеры, например, индикатор производительности вакуумных насосов КИ-4840 [2], так и современные диагностические комплексы. Из отечественных образцов диагностического оборудования следует отметить прибор проверки доильных установок ППДУ-01, позволяющий определять уровень вакуумметрического давления в статических и динамических режимах работы доильного оборудования, расход воздуха и частоту вращения ротора вакуумного насоса. Прибор ППДУ-01 включен в Государственный реестр средств измерений (сертификат № 11282) и допущен к применению на территории Республики Беларусь [4].

Прибор проверки доильных установок ППДУ-01 состоит из блока измерительного функционального БИФ-01, датчика расхода воздуха ДРВ-01, датчика частоты вращения ДСВ-01, комплекта принадлежностей и пластикового кейса для переноски.

Датчик расхода воздуха ДРВ-01 (рис. 1) предназначен для измерения объемного расхода воздуха.

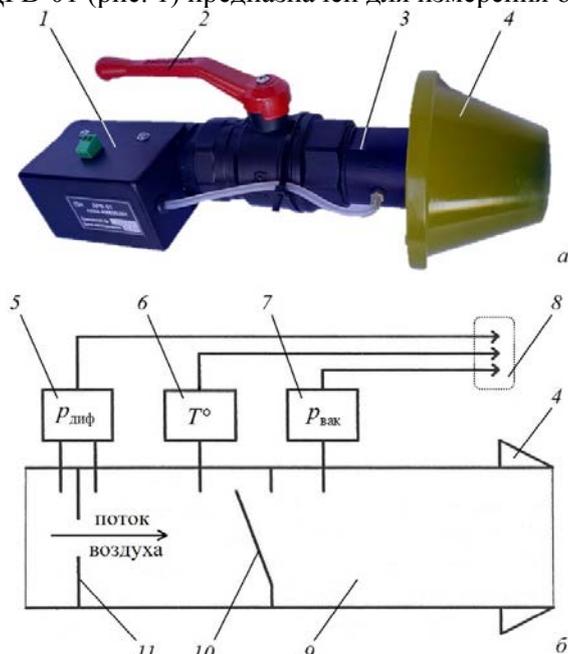


Рис. 1. Датчик расхода воздуха ДРВ-01: а – общий вид; б – структурная схема; 1 – блок первичных преобразователей; 2 – рукоятка крана; 3 – корпус датчика; 4 – уплотняющий конус; 5 – датчик дифференциального давления; 6 – датчик температуры; 7 – датчик вакуумметрического давления; 8 – коммутационный разъем; 9 – полость; 10 – кран; 11 – диафрагма

Датчик представляет собой полый цилиндрический корпус 3, с одной стороны которого закреплен уплотняющий конус 4, используемый для присоединения (присасывания) датчика к трубопроводам различных диаметров, с другой – блок первичных преобразователей 1 с установленными внутри него датчиками давления 5, 7 и температуры 6. Подключение датчика ДРВ-01 к измерительному блоку осуществляется посредством коммутационного разъема 8.

Принцип работы датчика ДРВ-01 заключается в следующем. При протекании воздуха через внутреннюю полость 9 корпуса датчика диафрагма 11 создает перепад давлений, величина которого пропорциональна квадрату скорости движения воздуха. На основании величины дифференциального давления, регистрируемого датчиком 5, измерительный блок прибора рассчитывает и выводит на экран значение расхода воздуха. Кран 10 служит для регулирования притока воздуха, поступающего через датчик в доильную установку, что необходимо при измерении расхода воздуха при разном вакуумметрическом давлении в системе, текущее значение которого определяется датчиком 7.

В связи с тем, что объем воздуха, как и любого другого газа, зависит от температуры и давления, измеренные значения расхода должны быть приведены к некоторым стандартным условиям. В технических характеристиках вакуумных насосных станций производства стран СНГ подача приводится для стандартных условий по ГОСТ 2939-63 «Газы. Условия для определения объема» [5], иностранного производства – по международному стандарту ISO 6690:2007 «Установки доильные. Механические испытания» [6].

Для приведения фактически измеренной подачи вакуумного насоса к стандартным по ГОСТ 2939-63 «Газы. Условия для определения объема» значениям давления (101,325 кПа) и температуры (293,15 К) используют формулу:

$$Q_{ст} = Q_{изм} \frac{p_{атм} - p_{сист}}{101,325} \cdot \frac{293,15}{T}, \quad (1)$$

где  $Q_{изм}$  – измеренное значение подачи, л/мин;  $p_{атм}$  – атмосферное давление, кПа;  $p_{сист}$  – давление во входном патрубке вакуумного насоса, кПа;  $T$  – температура воздуха, К.

При диагностировании вакуумных насосных станций иностранного производства следует ориентироваться на требования стандарта ISO 6690:2007 «Установки доильные. Механические испытания», учитывающего возможность использования частотного регулирования подачи вакуумного насоса. Стандарт предписывает определять значения подачи при разрежении во входном патрубке вакуумного насоса равном рабочему вакуумметрическому давлению доильной установки и при вакуумметрическом давлении –50 кПа. Приведение результатов измерений к стандартным условиям по температуре, давлению и географической высоте расположения доильной установки над уровнем моря осуществляют по формулам:

– измерение при рабочем вакуумметрическом давлении

$$Q_{прив} = Q_{изм} \frac{p_{max} - p_{сист} p_{атм} / p'_{атм}}{p_{max} - p_{сист}} \cdot \frac{293,15}{T}, \quad (2)$$

– измерение при вакуумметрическом давлении –50 кПа

$$Q_{прив} = Q_{изм} \frac{p_{max} - 50 p_{атм} / 101,33}{p_{max} - 50} \cdot \frac{n_{ном}}{n_{изм}} \cdot \frac{293,15}{T}; \quad (3)$$

где  $p_{max}$  – максимальное вакуумметрическое давление создаваемое насосом, кПа;  $p'_{атм}$  – стандартное атмосферное давление для высоты расположения доильной установки над уровнем моря, кПа;  $T$  – температура воздуха, К;  $n_{ном}$  – номинальная частота вращения вакуумного насоса, об/мин;  $n_{изм}$  – частота вращения вакуумного насоса при давлении во входном патрубке –50 кПа, об/мин.

Вычислительный блок прибора проверки доильных установок ППДУ-01 осуществляет приведение измеренного расхода воздуха к стандартным условиям по ГОСТ 2939-63 или ISO 6690:2007.

Для проведения измерений в соответствии с ГОСТ 2939-63 в меню прибора активируют режим «ПРИ СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ» (рис. 2), в котором на дисплее в ячейке «расход» отображается значение замеряемого в фактических условиях расхода воздуха, а в ячейке «стандартный» – значение расхода воздуха после приведения к стандартным условиям по формуле (1). Также в этом режиме работы на дисплее прибора в ячейке «Рсист» индицируется текущее значение вакуумметрического давления, определяемое датчиком 7 (см. рис. 1, б).



Рис. 2. Представление информации на дисплее при измерении расхода воздуха с приведением к стандартным условиям по ГОСТ 2939-63

При диагностировании вакуумных насосных станций иностранного производства в меню прибора ППДУ-01 активируют режим «ПРИ РАБОЧЕМ ДАВЛЕНИИ» или «ПРИ ДАВЛЕНИИ  $-50$  кПа», в которых вычислительный блок осуществляет приведение значений расхода воздуха по формуле (2) или (3) соответственно.

Анализ технического состояния вакуумной насосной станции доильной установки выполняют путем сопоставления значений диагностических параметров с ее технической характеристикой. С помощью прибора проверки доильных установок ППДУ-01 возможно определение следующих диагностических параметров: частота вращения, вакуумметрическое давление, подача воздуха.

Рассмотрим методику анализа диагностических данных на примере вакуумной насосной станции СН-60А с водокольцевым вакуумным насосом.

Согласно технической характеристике насосной станции СН-60А, максимально развиваемое ею вакуумметрическое давление  $[p]$  составляет  $-80$  кПа [7]. Фактическое значение разрежения  $p$  может быть ниже допустимого  $[p]$  из-за утечек воздуха, которые подразделяются на внешние и внутренние.

При внешней утечке воздух поступает внутрь насоса через неплотности всасывающего патрубка 6 (рис. 3), изношенное торцевое уплотнение ротора 10 или негерметичные соединения подпиточной трубки 11.

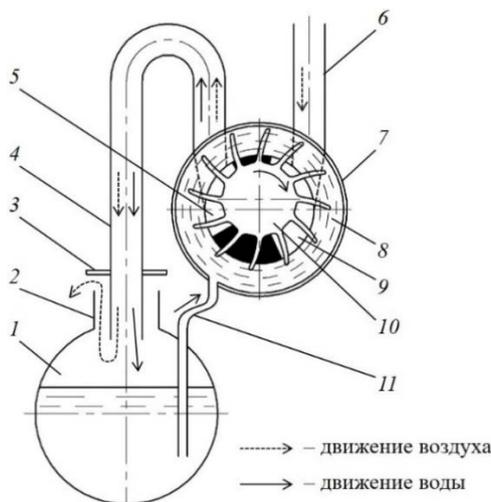


Рис. 3. Конструктивно-технологическая схема вакуумной насосной станции СН-60А:

- 1 – бак; 2 – горловина; 3 – брызгозащитный диск; 4 – выходной патрубок; 5 – выходное окно; 6 – всасывающий патрубок; 7 – корпус; 8 – водяное кольцо; 9 – всасывающее окно; 10 – ротор; 11 – подпиточная трубка

Внутренняя утечка обусловлена перетеканием воздуха внутри корпуса 7 насоса из выходного патрубка 4 во всасывающий патрубок 6 вследствие увеличенного зазора между ротором 10 и торцевой крышкой с выходным 5 и всасывающим 9 окнами. Утечка также происходит в случае нарушений герметичности отдельных полостей, образующихся между лопастями вращающегося ротора 10 и поверхностью водяного кольца 8. Ее причинами могут являться как механические повреждения ротора (облом, трещины, сколы лопастей), так и недостаточная толщина водяного кольца вследствие засорения подпиточной трубки 11 или недостаточного уровня воды в баке 1 насосной станции.

Номинальная подача насосной станции СН-60А при вакуумметрическом давлении  $-50$  кПа составляет  $(65 \pm 5)$  м<sup>3</sup>/ч. Проверка фактической подачи осуществляется при проведении технического обслуживания ТО-2, выполняемого через каждые 1200 часов работы. Вакуумная станция считается технически исправной, если фактическое значение подачи  $Q$  составляет не менее 80 % от номинального, т. е. не менее 48 м<sup>3</sup>/ч или 800 л/мин [7].

Факторами, приводящими к снижению подачи вакуумного насоса, помимо вышеописанных механических повреждений ротора *10* и засорения подпиточной трубки *11*, могут являться крупные отложения накипи в пространстве между лопастями ротора, повышенная температура воды в баке *1* и чрезмерное сопротивление движению воздуха в выходном патрубке *4*.

Образование толстого слоя накипи на лопастях ротора водокольцевого вакуумного насоса происходит по причине высокой концентрации солей кальция и магния в воде. Чем больше этих солей, тем более «жесткой» является вода [8]. Крупные отложения накипи сокращают полезный объем полостей между лопастями ротора. Покрытый накипью ротор за один оборот перемещает меньший объем воздуха, что закономерно приводит к снижению подачи вакуумного насоса в целом.

Также негативное влияние на подачу водокольцевого вакуумного насоса оказывает повышение температуры воды в баке насосной станции. Увеличение температуры водяного кольца приводит к большему нагреву воздуха внутри насоса, что, в соответствии с законами термодинамики, влечет за собой увеличение его объема. Тепловое расширение воздуха внутри вакуумного насоса неизбежно приводит к снижению эффективности его работы. Например, подача вакуумной насосной станции СН-60А снижается на 20 % при повышении температуры воды в ее баке с 20 до 50 °С [7].

При этом следует отметить, что нагрев воды в баке во время работы водокольцевого вакуумного насоса неизбежен. Для технически исправной вакуумной насосной станции СН-60А рост температуры воды со скоростью 30 °С за 1 час работы является нормой [9]. Более быстрый нагрев воды может происходить из-за неправильной сборки насоса, в результате которой не обеспечивается необходимый зазор между торцом ротора *10* и крышкой с всасывающим *9* и выходным *5* окнами. Отсутствие зазора вызывает трение деталей друг о друга с выделением дополнительной теплоты.

Скорость нагрева воды также зависит от ее количества в баке: чем меньше объем воды, тем быстрее она будет нагреваться. Оптимально бак вакуумной насосной станции всегда должен быть заполнен водой до метки «МАХ» на его боковой поверхности.

Третьим фактором снижения подачи является избыточное сопротивление движению воздуха в выходном патрубке насоса. Вместе с воздухом в выходной патрубке водокольцевого насоса также поступает и некоторое количество воды. С целью уменьшения расходования воды при работе насоса, конец выходного патрубка *4* заведен в горловину *2* водяного бака *1*, внутри которого происходит разделение воздушно-водяной смеси: вода остается в баке, а воздух выходит наружу через Г-образный зазор между патрубком, горловиной и брызгозащитным диском *3*. Сокращение проходного сечения этого зазора, например, по причине слишком низкого расположения брызгозащитного диска, создает избыточное давление (противодавление) в выходном патрубке, что, в свою очередь, приводит к уменьшению подачи вакуумного насоса.

### **Заключение**

Применение современных диагностических комплексов обеспечивает комплексную оценку технического состояния вакуумных насосных станций доильных установок, что позволяет на раннем этапе выявлять возможные неисправности и продлевать срок службы оборудования. Однако, ввиду различий в нормативно-технической документации стран СНГ и дальнего зарубежья, при анализе результатов диагностирования доильного оборудования, и особенно вакуумных насосных станций с частотным регулированием величины создаваемого разрежения, следует использовать соответствующие методы интерпретации получаемых экспериментальных данных.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Китун, А. В. Организационно-экономическая оценка машин и машинных технологий в животноводстве и птицеводстве: учебно-методическое пособие / А. В. Китун, И. П. Бусел, В. И. Передня. – Минск, 2008. – 123 с.
2. Рекомендации по техническому сервису доильного оборудования / М-во сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; подгот.: С. К. Карпович [и др.]; под общ. ред. С. К. Карповича. – Минск: БГАТУ, 2015. – 124 с.
3. Григорьев, Д. А. Технология машинного доения коров на основе конвергентных принципов управления автоматизированными процессами: монография / Д. А. Григорьев, К. В. Король. – Гродно: ГГАУ, 2017. – 216 с.
4. Приборы проверки доильных установок ППДУ-01 // Государственный информационный фонд по обеспечению единства измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oei.by/grsi/view?id=4391357>. – Дата доступа: 04.04.2021.
5. Газы. Условия для определения объема: ГОСТ 2939-63. – Введ. 01.01.1964. – Москва: ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», 1965. – 4 с.
6. Установки доильные. Механические испытания: ISO 6690:2007. – Введ. 15.02.2007. – Женева: Международная организация по стандартизации, 2007. – 48 с.
7. Станция насосная СН-60А. Технический паспорт // ОАО «Гомельский мотороремонтный завод». – Гомель, 2014. – 16 с.
8. Руководство по обеспечению качества питьевой воды // Всемирная организация здравоохранения. – Женева, 2004. – 121 с.
9. Крупенин, П. Ю. Экспериментальное определение тепловых потерь вакуумного насоса водокольцевого типа / П. Ю. Крупенин, Д. К. Гупало // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. – С. 287–291.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА НА ДИЗЕЛЬНОМ ДВИГАТЕЛЕ 4ЧН 11,0/12,5 ПРИ РАБОТЕ НА СМЕСЯХ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С СУРЕПНЫМ МАСЛОМ

**Р. С. ДАРГЕЛЬ, В. А. ШАПОРЕВ, Е. В. СУЛИМА**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: ruslandargel@mail.ru, vitlik3991@mail.ru, trock496@gmail.com*

(Поступила в редакцию 11.06.2021)

*В статье изложены результаты экспериментальных исследований, проведенных на кафедре «Тракторы, автомобили и машины для природообустройства» БГСХА в специализированной научно-исследовательской лаборатории «Испытание двигателей внутреннего сгорания» по выявлению влияния состава смеси топлива, состоящего из 90 % дизельного топлива (ДТ) + 10 % сурепно-минерального масла (СУРМ) и 80 % ДТ + 20 % СУРМ, на эффективные и экологические показатели работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2) и определению рационального значения установочного угла опережения впрыскивания топлива данного дизеля. Также представлено описание экспериментальной установки и дополнительного оборудования.*

*Экспериментальные исследования подтвердили возможность использования смесевых составов в качестве альтернативного топлива для дизельных двигателей. Применение сурепно-минерального масла улучшает эксплуатационные показатели дизеля путем сокращения расхода ДТ. Эффективные показатели работы дизеля на данных смесях показывают незначительное снижение мощности, крутящего момента и КПД, а также показывают рост удельного эффективного расхода теплоты смеси. Экологические показатели сопровождаются значительным снижением выбросов с отработавшими газами (ОГ) частиц сажи и оксидов азота, что в свою очередь являются основными токсичными компонентами, и малозначительными выбросами с ОГ диоксида углерода, оксида углерода и углеводородов. Рациональным значением для работы дизеля на смесях с добавлением СУРМ следует считать угол опережения впрыскивания топлива  $\Theta_{впр.} = 22^\circ$  поворота коленчатого вала (п.к.в.).*

**Ключевые слова:** *Дизель, дизельное топливо, сурепно-минеральное топливо, масло сурепицы, отработавшие газы, дымность, токсичность.*

*The article presents results of experimental studies carried out at the Department of Tractors, Cars and Machines for Environmental Engineering of the Belarusian State Agricultural Academy in the specialized research laboratory «Testing of Internal Combustion Engines» to identify the influence of the composition of mixed fuel, consisting of 90 % diesel fuel (DF) + 10 % of rapeseed mineral oil (RO) and 80 % DF + 20 % RO, on the efficient and environmental performance of the diesel 4ChN 11.0 / 12.5 (D-245.5S2) and the determination of rational value of the setting angle of the fuel injection advance of this diesel engine. A description of the experimental setup and additional equipment is also provided.*

*Experimental studies have confirmed the possibility of using mixed compositions as an alternative fuel for diesel engines. The use of rapeseed mineral oil improves the performance of a diesel engine by reducing diesel fuel consumption. The effective performance of diesel engine on these mixtures shows a slight decrease in power, torque and efficiency, and also shows an increase in the specific effective heat consumption of the mixture. The environmental indicators are accompanied by a significant reduction in exhaust gas emissions (exhaust gases) of soot particles and nitrogen oxides, which in turn are the main toxic components, and insignificant emissions from exhaust gases of carbon dioxide, carbon monoxide and hydrocarbons. The rational value for the operation of a diesel engine on mixtures with the addition of RO should be considered the fuel injection advance angle  $\Theta_{injection} = 22^\circ$  of crankshaft rotation.*

**Key words:** *diesel, diesel fuel, rape-mineral fuel, rape oil, exhaust gases, smoke, toxicity.*

### **Введение**

Растущий интерес к альтернативным видам топлива для автотракторной техники обусловлен тремя существенными соображениями: альтернативные виды топлива, как правило, дают меньше выбросов, усиливающих смог, загрязнение воздуха и глобальное потепление; большинство альтернативных видов топлива производится из неисчерпаемых запасов; использование альтернативных видов топлива позволяет любому государству повысить энергетическую независимость и безопасность. Известны различные виды альтернативных топлива. Некоторые из них уже широко используются, другие еще не повсеместно доступны или находятся в экспериментальной стадии. Но все обладают потенциалом для обеспечения полной или частичной замены бензина и дизельного топлива [1–3].

Дизели более адаптивны к работе на топливах с различными физико-химическими свойствами. Это означает, что альтернативные топлива легче реализовать на базе дизельных двигателей, чем бензиновых. Работа дизеля на более лёгких топливах (смесях ДТ с бензинами и керосинами) возможна при некоторых изменениях в конструкции двигателя. Сжигание тяжёлых и лёгких топлив в дизелях при высоких степенях сжатия и больших коэффициентах избытка воздуха более эффективно, чем в двигателях с принудительным воспламенением [4–8].

Во многих странах принимают нормативные акты и реализуют госпрограммы, направленные на решение этой проблемы. Существует Киотский протокол, согласно которому каждый участник должен выполнить определённые обязательства по ограничению и сокращению выбросов парниковых газов в окружающую среду [9, 10].

Указом Президента Республики Беларусь № 370 от 12 августа 2005 г. наша страна присоединилась к Киотскому протоколу. Международные обязательства Беларуси по охране окружающей среды определяют важность работ, направленных на оздоровление экологической обстановки и, в первую очередь, на снижение загрязнения атмосферного воздуха от вредных выбросов автотракторной техникой.

Снизить негативное воздействие тракторов на окружающую среду (ОС) и уменьшить зависимость Беларуси от минерального топлива можно, используя смесевое топливо на основе СУРМ.

Целью данного исследования является разработка новых составов топлив на основе ДТ и СУРМ. Данные составы должны удовлетворять требованиям применения в дизельном двигателе. А также целью данного исследования является определение рационального значения установочного угла опережения впрыскивания топлива при работе дизеля на смесях, состоящих из 90 % ДТ + 10 % СУРМ и 80 % ДТ + 20 % СУРМ.

### **Основная часть**

Экспериментальное исследование по определению влияния состава смесевое топлива на основе ДТ и СУРМ на эффективные и экологические показатели. Исследование определения рационального значения установочного угла опережения впрыскивания топлива при работе дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2) на смесях, состоящих из 90 % ДТ + 10 % СУРМ и 80 % ДТ + 20 % СУРМ проводилось на кафедре «Тракторы, автомобили и машины для природообустройства» БГСХА в специализированной научно-исследовательской лаборатории «Испытание двигателей внутреннего сгорания».

В состав экспериментальной установки входил электротормозной нагрузочный стенд SAK-N670 с балансирной маятниковой машиной, дизель 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2) и комплект измерительных приборов с выводом данных на монитор компьютера (рис. 1). Частота вращения коленчатого вала двигателя измерялась путем установки электронного датчика на коленчатый вал. Крутящий момент на коленчатом валу двигателя измерялся с помощью динамометрического устройства, входящего в состав нагрузочного стенда. Расход топлива определялся массовым способом при помощи электронного расходомера АИР-50 с весовым устройством. Анализ проб ОГ производился с помощью автоматического газоанализатора Maha MGT-5. Дымность ОГ измерялась с помощью дымомера СИДА-107 «АТЛАС». Все приборы прошли государственную поверку.

Следует отметить, что при проведении экспериментальных исследований ДТ замещалось СУРМ по его массе. Осуществляя перевод дизельного двигателя на смесевые составы 90 % ДТ + 10 % СУРМ и 80 % ДТ + 20 % СУРМ необходимо сохранить мощностные и экономические показатели на уровне, установленном заводом-изготовителем. В целях выполнения этого условия, требуется определить эффективные регулировки системы топливоподачи дизельного двигателя. Первоначально необходимо определить влияние составов СУРМ и ДТ на значения рационального установочного угла опережения впрыскивания топлива. Установочный угол опережения впрыскивания топлива согласно руководству по эксплуатации при работе на чистом ДТ, для тракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2) составляет  $\Theta_{впр}=18^\circ$  п.к.в.

Из соответствующей регулировочной характеристики (рис. 1 и 2) определялся рациональный установочный угол опережения впрыскивания топлива. Для построения регулировочной характеристики дизельного двигателя 4ЧН 11,0/12,5 снимался ряд нагрузочных показателей по подаче топлива при различных значениях установочного угла опережения впрыскивания топлива для составов 90 % ДТ + 10 % СУРМ и 80 % ДТ + 20 % СУРМ.

На графике (рис. 1) представлены данные, следуя которым отметим следующее, что при работе дизеля на чистом ДТ рациональным установочным углом опережения впрыскивания является угол  $\Theta_{впр}=18^\circ$  п.к.в. При этом дизельный двигатель развивает наибольшую паспортную мощность  $N_e=69$  кВт, значения удельного эффективного расхода топлива также возрастают и составляют  $g_e=247,2$  г/кВт×ч и  $g_e=255,6$  г/кВт×ч, соответственно, для случаев содержания 10 % и 20 % СУРМ в суммарном топливе. При этом минимум  $g_e$  сдвигается в сторону более ранних углов опережения впрыскивания топлива и составляет  $\Theta_{впр}=27^\circ$  и  $\Theta_{впр}=28^\circ$ , соответственно, для случаев содержания 10% и 20% СУРМ в суммарном топливе. Значение крутящего момента равно  $M_k=363$  Н·м, значение эффективного КПД составляет  $\eta_e=37,4$ .

При переводе дизеля для работы на смешевом составе, содержащей 90 % ДТ + 10 % СУРМ значение рационального установочного угла увеличивается и составляет  $\Theta_{\text{впр}}=22^\circ$  п.к.в. Мощность дизеля при этом наибольшая и составляет  $N_e=68,4$  кВт. Крутящий момент также наибольший и составляет  $M_k=349$  Н·м, а значение эффективного КПД составляет  $\eta_e=36,8$ . При уменьшении или увеличении установочного угла происходит снижение эффективной мощности, удельного эффективного расхода топлива и уменьшение величины крутящего момента.

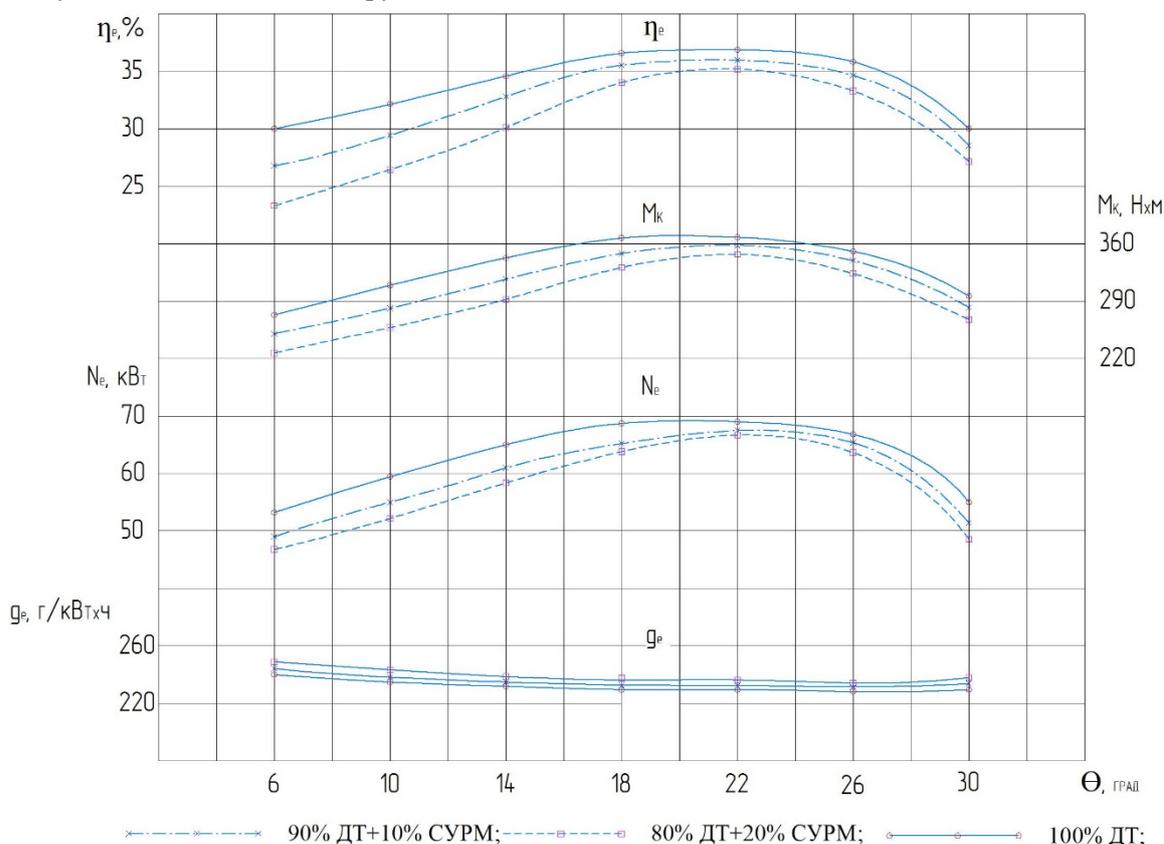


Рис. 1. Регулировочная характеристика дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$  (мощностные и экономические показатели)

При работе дизеля на смеси, содержащей 80 % ДТ + 20 % СУРМ, удельного эффективного расхода топлива и эффективной мощности, и крутящего момента практически не изменяется. Наибольшая мощность дизеля  $N_e=68,4$  кВт достигается при значении рационального установочного угла  $\Theta_{\text{впр}}=22^\circ \dots 24^\circ$  п.к.в. Крутящий момент при этих значениях установочного угла составляет  $M_k=298$  Н·м. Значение эффективного КПД  $\eta_e=36,3$ .

Работа дизельного двигателя на смесях 90 % ДТ + 10 % СУРМ, 80 % ДТ + 20 % СУРМ, при установочном угле опережения впрыскивания топлива  $\Theta_{\text{впр}}=22^\circ$  п.к.в. к чистому ДТ в процентном отношении показывает незначительное снижение мощности на 1,15% и 4,79 незначительное снижение крутящего момента на 5,29 % и 17,34 % незначительное снижение значения эффективного КПД на 3,15 % и 8,32 % .

Показания токсичных компонентов в отработавших газах дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2) в зависимости от изменения установочного угла опережения впрыскивания топлива при частоте вращения  $1800 \text{ мин}^{-1}$  представлено на рис. 2.

При установочном угле опережения впрыскивания топлива  $\Theta_{\text{впр}}=22^\circ$  п.к.в., содержание сажи С в ОГ при работе на чистом ДТ значительно снижается относительно при работе на смешевых составах 90 % ДТ + 10 % СУРМ и 80 % ДТ + 20 % СУРМ составляет соответственно  $S=3,9 \%$ ,  $S=2,8 \%$ . При уменьшении угла до  $\Theta_{\text{впр}}=6^\circ$  содержание сажи увеличивается, а при увеличении угла до  $\Theta_{\text{впр}}=30^\circ$  содержание сажи растет для всех смешевых составов. Следовательно, с увеличением концентрации СУРМ в смешевых составах с ДТ, снижается содержание сажи в ОГ на 34,85 % и 59,96 % относительно чистому ДТ.

Концентрация оксидов азота  $\text{NO}_x$  в ОГ при значении установочного угла опережения впрыскивания топлива  $\Theta_{\text{впр}}=22^\circ$  п.к.в. при применении смешевых составов порядком ниже, чем при работе на

чистом ДТ и составляет 1026 ppm для чистого ДТ, для смесей 90 % ДТ + 10 % СУРМ и 80 % ДТ + 20 % СУРМ их концентрация составляет 911 ppm и 698 ppm. Снижение оксидов азота  $\text{NO}_x$  при смешевых составах с добавлением СУРМ относительно чистому ДТ в процентном отношении составляет 10,14 % и 30,63 % для смесей с добавлением СУРМ. В диапазоне установочного угла  $\Theta_{\text{впр}}$  от  $6^\circ$  до  $30^\circ$  п.к.в. происходит рост содержания оксидов азота  $\text{NO}_x$  в ОГ.

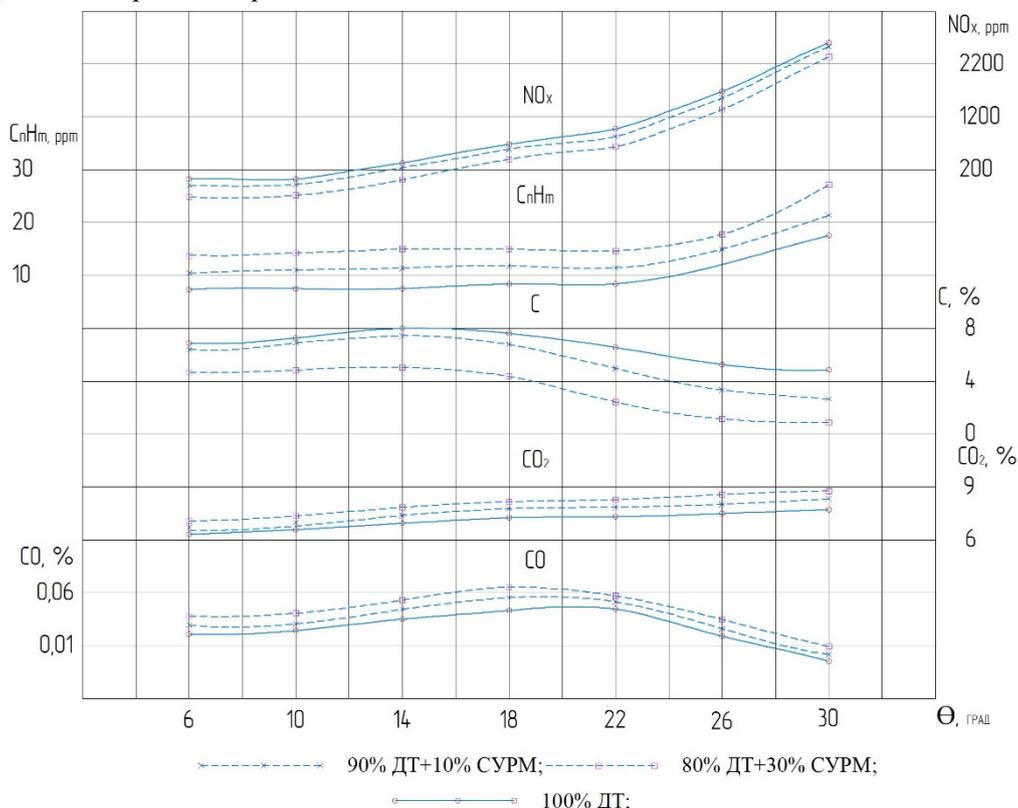


Рис. 2. Регулировочная характеристика дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$  (показатели дымности и токсичности)

Выбросы несгоревших углеводородов  $\text{C}_n\text{H}_m$  в ОГ дизеля сопровождаются ростом во всем диапазоне установочного угла, но с увеличением содержания СУРМ в смеси по сравнению с чистым ДТ выбросы  $\text{C}_n\text{H}_m$  возрастают. При установочном угле опережения впрыскивания топлива  $\Theta_{\text{впр}}=22^\circ$  и при работе на чистом ДТ выбросы углеводородов составляют 8,37 ppm, а на топливах с добавлением 10 % и 20 % СУРМ выбросы углеводородов составляют 12,12 ppm соответственно. Следовательно, в процентном соотношении рост выбросов  $\text{C}_n\text{H}_m$  в ОГ с применением СУРМ к чистому ДТ составил 44,38 % и 80,03 %. Увеличение несгоревших углеводородов при работе дизеля с добавками СУРМ можно объяснить наличием многочисленных плохо горящих компонентов [11].

Изменение концентрации диоксида углерода  $\text{CO}_2$  в ОГ дизеля в зависимости от состава топлива и всего диапазона установочного угла незначительно возрастает. Так, при значении установочного угла опережения впрыскивания топлива  $\Theta_{\text{впр}}=22^\circ$  п.к.в., и при работе на чистом ДТ содержание диоксида углерода  $\text{CO}_2$  составляет 6,96 %, при работе на смесях 90 % ДТ + 10 % СУРМ и 80 % ДТ + 20 % СУРМ их содержание составляет 6,68 % и 7,96 %. Выбросы диоксида углерода  $\text{CO}_2$  с ОГ несущественно увеличиваются с увеличением концентрации в процентном соотношении это составляет 6,65 % и 13,11 %. Диоксид углерода является менее опасным для человека с физиологической точки зрения, чем другие нормируемые компоненты ОГ дизеля [11].

Работа дизеля на смешевых составах с добавлением СУРМ сопровождается повышением выбросов оксидов углерода  $\text{CO}$  в сравнении с работой на чистом ДТ при всех исследуемых значениях установочных углов  $\Theta_{\text{впр}}$ . Так, для смесей 90 % ДТ + 10 % СУРМ и 80 % ДТ + 20 % СУРМ и значении установочного угла опережения впрыскивания топлива  $\Theta_{\text{впр}}=22^\circ$  п.к.в., выброс  $\text{CO}$  составляет 0,035 % и 0,028 а также для чистого ДТ выброс  $\text{CO}$  составляет 0,039 %. Концентрация  $\text{CO}$  в ОГ на смесях 90 % ДТ + 10 % СУРМ и 80 % ДТ + 20 % СУРМ больше, чем на чистом ДТ в процентном отношении на 22,35 %, 45,31 %. Рост выбросов оксидов углерода  $\text{CO}$  объясняется исходными составами используемых топлив [11].

## Заключение

На основе анализа полученных исследований сформулируем следующие основные выводы:

1. Показатели работы дизеля на чистом дизельном топливе соответствуют паспортным данным и достигаются при регламентированном значении установочного угла опережения впрыскивания топлива  $\Theta_{впр.}=18^\circ$ . При работе дизеля на смесях 90 % ДТ + 10 % СУРМ и 80 % ДТ + 20 % СУРМ с рациональным установочным углом опережения впрыскивания следует считать угол  $\Theta_{впр.}=22^\circ$ .

2. Эффективные показатели работы дизеля на смесях с добавлением СУРМ относительно работы на чистом ДТ показывает незначительное снижение мощности на 1,15 % и 4,79 %, снижение крутящего момента на 5,29 % и 17,34 %, снижение значения эффективного КПД на 3,15 % и 8,32, и несущественное увеличение удельного эффективного расхода топлива на 13,85 % и 19,88 %.

3. Экологические показатели работы дизеля на смесях с добавлением СУРМ относительно работы на чистом ДТ сопровождаются снижением сажи на 34,85 % и 59,96 %, снижением оксидов азота на 10,14 % и 30,63 %, незначительным увеличением диоксида углерода на 6,65% и 13,11 %, несущественным увеличением оксидов углерода на 19,35 % и 34,31 %.

4. Применение смесей 90 % ДТ + 10 % СУРМ и 80 % ДТ + 20 % в качестве топлива для дизеля 4ЧН 11,0/12,5 позволяет улучшить их эксплуатационные показатели путем сокращения расхода ДТ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия: ГОСТ 5542-87. – Введ. 01.07.2015. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 8 с.

2. Карташевич, А. Н. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, П. Ю. Малышкин, Г. Н. Гурков, А. В. Бучинский // Горки: БГСХА – 2012. – С. 376.

3. Карташевич, А. Н. Применение топлив на основе рапсового масла в тракторных дизелях: монография / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, В. С. Товстыка. – Киров: Типография «Авангард», 2014. – 144 с.: ил.

4. Плотников, С. А. Недостатки применения топлив на основе рапсового масла в дизельных двигателях. Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика / С. А. Плотников, П. Н. Черемисинов // Сб. науч. тр. по мат. заоч. науч.-практ. конф. – Воронеж: ООО ИПЦ «Научная книга», 2015. – № 4. – Ч. 1 (15-1) – С. 97–101.

5. Плотников, С. А. Влияние присадок на кинематическую вязкость топлив на основе рапсового масла. Общество, наука, инновации. (НПК-2016) [Электронный ресурс] / С. А. Плотников, П. Н. Черемисинов // Всерос. ежегод. науч.-практ. конф.: сб. статей, 18-29 апреля 2016 г. / Вят. гос. ун-т. – Киров, 2016. – С. 1378–1382.

6. Белов, В. М. Применение в дизелях топлива растительного происхождения / В. М. Белов, С. Н. Девянин, О. Н. Слепцов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2003.

7. Девянин, С. Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / С. Н. Девянин, В. А. Марков, В. Г. Семенов. – М.: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – 340 с.

8. Карташевич, А. Н. Оптимизация параметров топливоподачи тракторного дизеля для работы на рапсовом масле / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, С. А. Плотников // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 3. – С. 13–16.

9. Модернизация системы питания тракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 для работы на этано-топливной эмульсии / С. А. Плотников [и др.] // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – №2 (26) II кв. – С. 110–118.

10. Терентьев, Г. А. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов / Г. А. Терентьев, В. М. Трюков, Ф. В. Смаль. – М.: Химия, 1989. – 272 с.

11. Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени. Пер. с англ. / Под ред. Ю. Ф. Дитякина. – М.: Машиностроение, 1981. – 408 с.

## АНАЛИЗ МАШИН ДЛЯ ПОСЕВА ПОД МУЛЬЧИРУЮЩУЮ ПЛЕНКУ И ОБОСНОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

**В. И. КОЦУБА, К. Л. ПУЗЕВИЧ, В. В. ПУЗЕВИЧ**

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: tech\_service@baa.by

**В. М. КУЗЮР**

УВО «Брянский государственный аграрный университет»,  
г. Брянск, Российская Федерация, 243365, kvming@gmail.com

(Поступила в редакцию 18.06.2021)

*В статье приведен анализ машин для посева с мульчированием почвы пленкой, а также теоретических зависимостей движения ротационных органов машин для посева пропашных культур под мульчирующую пленку.*

*Мульчирование почвы пленкой применяется для повышения урожайности культур и улучшения качества продукции. Мульча задерживает испарение влаги, способствует равномерному ее распределению как в верхних, так и в нижних горизонтах почвы, на 3–6 % повышая влажность корнеобитаемого слоя.*

*При использовании пленки для мульчирования почвы возможны два способа посева. По первому способу посев выполняется сеялками точного высева с последующим укрытием посевов пленкой. Однако этот способ пригоден только для био-разлагаемых пленок с перфорацией, т.к. пленка прорывается ростками растений. Второй способ включает укрытие почвы пленкой и посев семян через пленку. Способ посева через пленку является более универсальным, т.к. позволяет применять различные укрывные материалы. Однако в Республике Беларусь отсутствуют машины для реализации данной технологии возделывания.*

*Высевающее колесо машин для посева через пленку представляет собой ротор с горизонтально-поперечной осью вращения. Основными его характеристиками являются траектория, величина и направление скорости характерных точек, направление ускорения. Точка на поверхности высевающего колеса при движении по поверхности поля описывает циклоиду. Анализ циклоид показал, что заделывающие рабочие органы перемещаются в почве в горизонтальной плоскости на расстоянии от 65,69 мм (при глубине заделки семян 40 мм) до 115,86 мм (при глубине заделки семян 120 мм), что ограничивает расстояние между семенами в ряду.*

*Имеющиеся теоретические зависимости достоверно описывают движение активных ротационных органов и пассивных роторов, для которых можно пренебречь сопротивлением среды. Следовательно, необходимо разработать теоретические зависимости, описывающие движение высевающих аппаратов ротационного типа с учетом сопротивления почвы перемещению в ней заделывающих стержней или стаканчиков, силы трения высевающего колеса по поверхности пленки и деформации поверхности почвы под весом высевающего колеса.*

**Ключевые слова:** мульчирующая пленка, сеялка, высевающий аппарат, ротор, циклоида.

*The article provides an analysis of machines for sowing with soil mulching with a film, as well as theoretical dependencies of the movement of rotary organs of machines for sowing row crops under mulching film.*

*Soil mulching with film is used to increase crop yields and improve product quality. Mulch delays moisture evaporation, contributes to its uniform distribution both in the upper and lower soil horizons, increasing the moisture content of the root layer by 3–6 %.*

*When using a film for mulching the soil, two sowing methods are possible. According to the first method, sowing is carried out with precision seeding drills, followed by covering the crops with film. However, this method is only suitable for biodegradable films with perforations, because the film breaks through with plant sprouts. The second method involves covering the soil with a film and sowing seeds through the film. The method of sowing through a film is more versatile, since it allows the use of various covering materials. However, in the Republic of Belarus there are no machines for the implementation of this cultivation technology.*

*The sowing wheel of machines for sowing through the film is a rotor with a horizontal transverse axis of rotation. Its main characteristics are the trajectory, the magnitude and direction of the velocity of the characteristic points, the direction of acceleration. A point on the surface of the seeding wheel as it travels over the surface of the field moves along a cycloid. The analysis of the cycloid showed that the seeding working bodies move in the soil in the horizontal plane at a distance from 65.69 mm (with a seeding depth of 40 mm) to 115.86 mm (with a seeding depth of 120 mm), which limits the distance between seeds in a row.*

*The available theoretical dependences reliably describe the movement of active rotary organs and passive rotors, for which the resistance of the medium can be neglected. Therefore, it is necessary to develop theoretical dependencies that describe the movement of rotary-type seeding devices, taking into account the resistance of the soil to the movement of embedding rods or cups in it, the friction force of the seeding wheel over the film surface and deformation of the soil surface under the weight of the seeding wheel.*

**Key words:** mulching film, seeder, seeding device, rotor, cycloid.

### Введение

Мульчирование почвы пленкой применяется для повышения урожайности различных культур и улучшения качества продукции. В ряде зарубежных стран (Япония, США, ФРГ, Франция, Италия и др.) пленочное мульчирование стало обычным технологическим приемом при культивировании растений в открытом и защищенном грунте и проводится на сотнях тысяч гектаров [1].

Мульчирование оказывает влияние на водный, воздушный и тепловой режимы почвы. Мульча задерживает испарение влаги и способствует равномерному ее распределению как в верхних, так и в нижних горизонтах почвы, на 3–6 % повышая влажность корнеобитаемого слоя.

Благодаря этому лучше сохраняется структура грунтов, на их поверхности не образуется корка. Кроме того, мульча ускоряет биологические процессы в почве, обеспечивает лучшее снабжение растений питательными веществами. Все это положительно сказывается на росте и развитии растений, ускоряет созревание и увеличивает урожай от 40 до 60 %. Это обстоятельство в районах с недостаточным увлажнением и в сухие годы играет положительную роль, улучшая водоснабжение растений. Экономия воды составляет около 60 % [2].

### Основная часть

Ряд зарубежных фирм, таких как Samco Agricultural Manufacturing LTD, Forigo Roteritalia, Spapperi NT SRL выпускают машины для посева семян и мульчирования посевов пленкой. При этом возможны два способа посева.

Первый способ предполагает посев семян сеялками точного посева с последующим укрытием посевов пленкой. Примером этой технологии является сеялка SAMCO 41HD для посева кукурузы под мульчирующую пленку [3]. Сеялка Samco 41HD имеет каток в передней части для образования твердого семенного ложа с постоянной глубиной посева. Этот каток также является приводной передачей для высевающих элементов. Посев осуществляется пневматическим дисковым высевающим устройством Optima HD Kverneland.

После прохода высевающего аппарата почва укрывается биоразлагаемой пленкой. При этом одной полосой пленки укрываются два рядка кукурузы. Фирма SAMCO производит четыре типоразмера сеялок: двухрядная SAMCO 2200, четырехрядная SAMCO 41HD, шестирядная SAMCO 7100 и восьмьрядная SAMCO 80PT (табл. 1).

Таблица 1. Технические характеристики сеялок SAMCO

Модель	22TR	4300	41HD	7100	60HD	60PT	80PT
Рабочая ширина, м	1,5	3,3	5,3	4,5	4,5	4,5	6,2
Всего строк, шт.	2	4	4	6	5	6	8
Междурядье под пленкой, см	70	70	70	70	70	70	70
Рабочая скорость, км/ч	5–7	5–7	5–7	5–7	5–7	5–7	5–7
Бак для гербицидов, л	200	1200	1200	1200	1200	2000	2000
Потребная мощность трактора, л.с.	50–60	100–120	100–120	150–170	150–170	120–150	160–180

Однако этот способ пригоден только для специальных биоразлагаемых пленок с перфорацией, т.к. пленка прорывается ростками растений или при посадке рассады, которая высаживается в прорезанные заранее отверстия. Для данной технологии ООО «ЛидаТехмаш» выпускает пленкоукладчик УПТ-1 для мульчирования почвы пленкой или укрывным материалом с одновременным внесением удобрений и пробивкой отверстий с заданным шагом.

Пленкоукладчики-грядообразователи AL-S14 PLUS фирмы Checchi & Magli образуют уплотненные ровные грядки, закрываемые пленкой, которые потом окучиваются. Рабочий процесс осуществляется при помощи переднего колеса из нержавеющей стали, которым земля уплотняется и трамбуется, а также парного ролика-разматывателя рулонов (нейлон, бумага, целлюлоза, биоразлагаемые материалы) шириной до 1,4 м и лемеха-укладчика. Конструкция машины позволяет использовать ее для формирования гряд или для укладки пленки отдельно [4].

Второй способ предполагает подготовку почвы, укрытие ее пленкой и посев семян через пленку. Компания Samco производит сеялку PM 8220, которая уплотняет почву, укладывает пленку и точно высевает семена с помощью перфоратора колесного блока, обеспечивающего точную глубину посева и расстояние между семенами. Сеялка позволяет осуществлять посев в пленку шириной 1,2...2,2 м, а также устанавливать расстояние между семенами в ряду от 23 см до 75 см и расстояние между рядами семян от 10 см до 250 см [5].

В сеялке используются два типа систем доставки семян. При первом способе семена пневмосистемой распределяются по перфорированным отверстиям. Это позволяет выбрать количество семян, посеянных на одно отверстие. Чтобы достичь целевого процента всхожести или в соответствии с существующей системой выращивания, можно высевать от 1 до 20 семян на отверстие. Это достигается подбором перфораторного колеса, чтобы оно соответствовало размерам семян и норме посева.

При втором способе используются высевающие аппараты точного посева Kverneland Accord, позволяющей высевать одно семя на отверстие. Настройка на культуру и регулировка нормы посева осуществляется сменой семенного диска и подбором перфораторного колеса.

Комбинированная машина для посева с мульчированием пленкой Spapperi SMP состоит из пневматической сеялки и пленкоукладчика и позволяет за один проход замульчировать почву пластиковой пленкой или укрывным материалом, пробить отверстия в пленке, высеять семена (диаметром от 4 мм) через эти отверстия и прикатать их сверху. Дополнительно может быть оборудована приспособлением для укладки ленты капельного орошения под пленку [6].

Колеса сеялки со специальными полыми спицами (рис. 1) присасывают семена из бункеров, пробивают пленку и, когда каждая труба достигает вертикального положения, укладывают семена в почву. Сеялка обеспечивает расстояние между рядами – 35...75 см, расстояние между семенами в ряду – 18 см, глубина посева – 4,5 см [6].

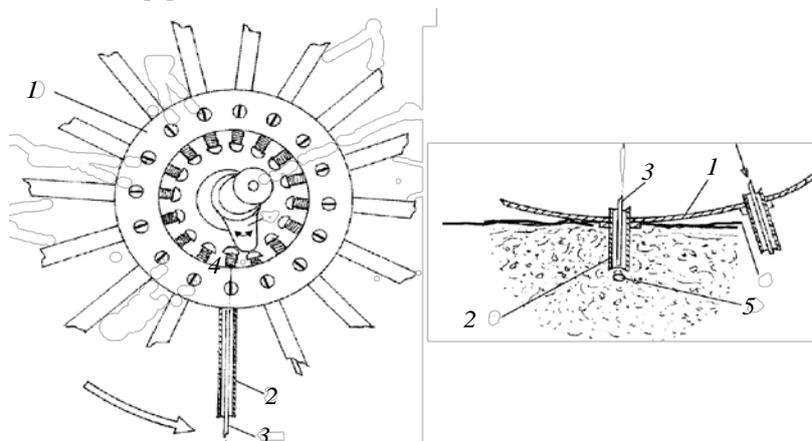


Рис. 3. Схема высева семян рабочими органами машины Sparperi SMP: 1 – высевающее колесо; 2 – высевающие трубки; 3 – очищающие спицы; 4 – кулачок; 5 – семя

Очистка высевающих спиц от почвы выполняется воздушным потоком и металлическими стержнями, проходящими внутри спиц. Стержни 3 проходят внутри спиц 2 и соединены со ступицей 1 таким образом, чтобы иметь осевое смещение относительно спицы, чтобы обеспечить выход их концов через соответствующее сопло.

Стержни возвращаются в исходное положение внутрь спицы с помощью пружин. Ступица колеса 1 внутри содержит кулачковый элемент 4, обеспечивающий, во время качения колеса, приведение в действие одной из спиц, проходящей через спицу, которая уложила семя 5 в отверстие в земле.

Способ посева через пленку является более универсальным, т.к. позволяет применять различные укрывные материалы. Однако в Республике Беларусь отсутствуют машины для реализации данной технологии возделывания, а зарубежные аналоги являются весьма дорогостоящими.

Основными характеристиками движения высевающего колеса является вид траектории, величина и направление скорости наиболее характерных точек, а в ряде случаев и направление ускорения [7].

Высевающее колесо представляет собой ротор с горизонтально-поперечной осью вращения (рис. 2). Уравнения траектории его движения описываются уравнениями [7]:

$$\begin{aligned} x &= v_{\text{п}}t + R_i \cos \omega t; \\ y &= 0; \\ z &= -R_i \sin \omega t, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $R_i$  – расстояние от оси вращения ротора до рассматриваемой точки (радиус ротора), м;  $v_{\text{п}}$  – скорость поступательного движения ротора, м/с;  $t$  – время движения, с;  $\omega$  – угловая скорость ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\omega t$  – угол поворота ротора, отсчитываемый от оси  $Ox$ , рад.

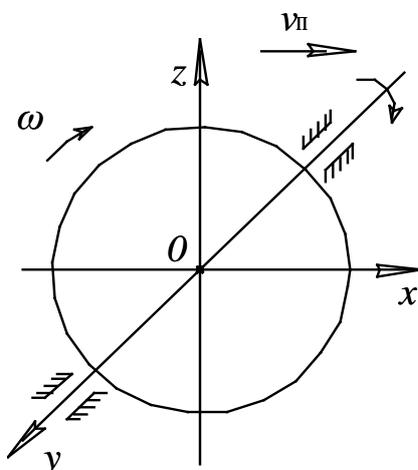


Рис. 2. Схема для описания параметров движения высевающего колеса

Абсолютная скорость движения ротора описывается уравнением:

$$v = v_{\text{п}} \sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \sin \omega t}, \quad (2)$$

где  $\lambda = \omega R_i / v_{\text{п}}$  – кинематический параметр ротора.

Точка на поверхности высевающего колеса при его движении по поверхности поля описывает циклоиду. Рассмотрим движение внедряющей части высевающего колеса при перекатывании его обода по поверхности поля без скольжения при различной глубине посева семян. Исходными данными для расчета служит требуемая глубина посева, радиус (диаметр) высевающего колеса и скорость поступательного движения высевающего колеса.

Анализ отраслевых регламентов возделывания сельскохозяйственных культур и конструкций сеялок показал, что глубина посева может изменяться от 40 до 120 мм. Диаметр высевающего колеса у зарубежных машин составляет 700...800 мм. Рабочая скорость агрегатов составляет 5...7 км/ч, или 1,39...2,78 м/с. В математическом онлайн калькуляторе Desmos были построены циклоиды, соответствующие различной глубине заделки семян (рис. 3) [8].

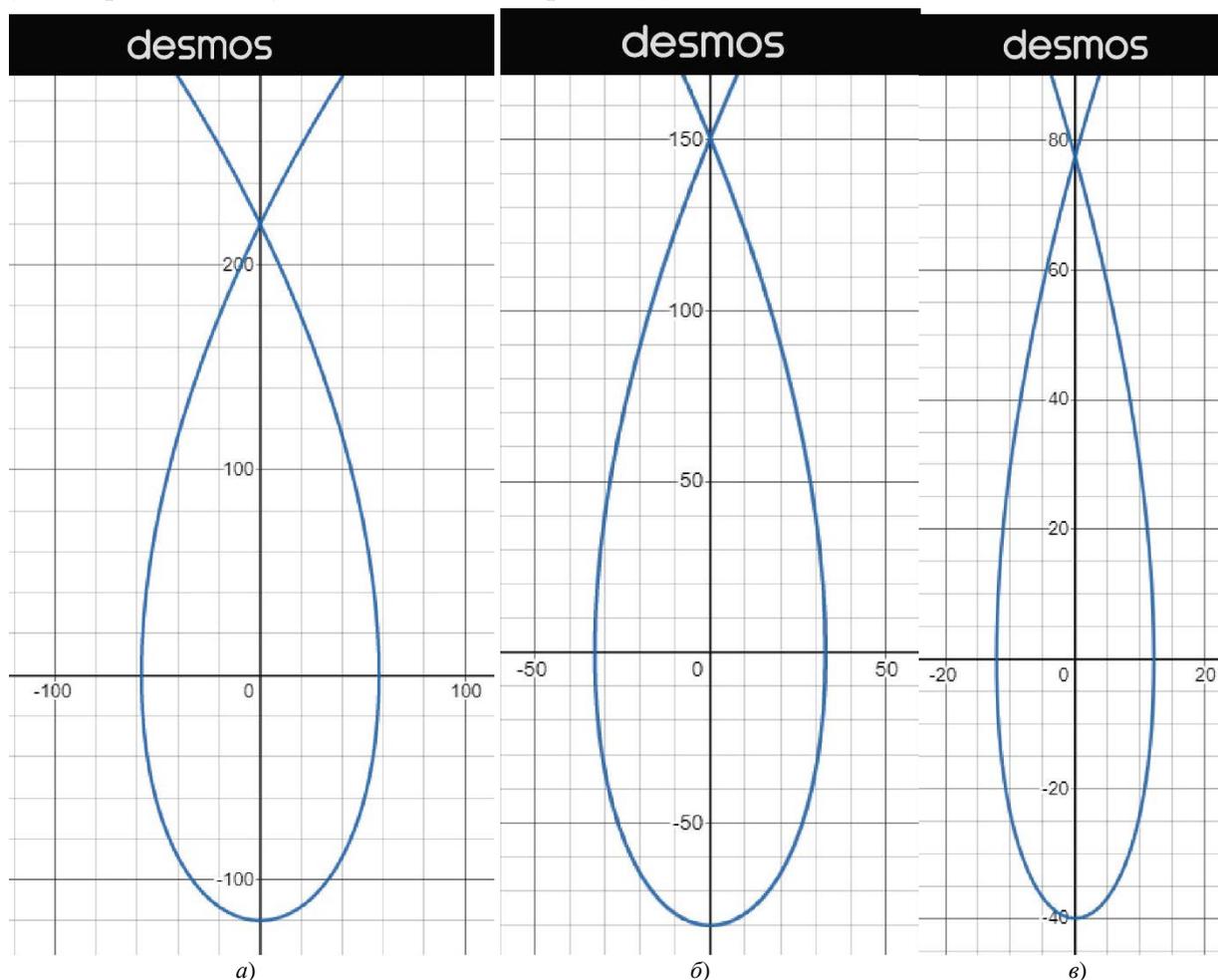


Рис. 3. Участок циклоиды, описывающий движение заделывающих органов в почве, при глубине посева 120 мм (а), 80 мм (б) и 40 мм (в)

Анализ циклоид показал, что заделывающие рабочие органы (полые стержни или высевающие стаканчики) в горизонтальной плоскости перемещаются на расстояние от 65,69 мм (при глубине заделки семян 40 мм) до 115,86 мм (при глубине заделки семян 120 мм), что ограничивает расстояние между семенами в ряду, которое должно быть больше полученного расстояния.

Кроме того, приведенные теоретические зависимости и полученные по ним циклоиды достоверно описывают движение активных ротационных органов и пассивных роторов, для которых можно пренебречь сопротивлением среды.

Для высевающих аппаратов ротационного типа на движение заделывающих рабочих органов будет оказывать сопротивление почвы. Следовательно, необходимо разработать теоретические зависимости, описывающие движение роторов с учетом сопротивления почвы перемещению в ней заделы-

вающих спиц или стаканчиков, силы трения высевающего колеса по поверхности пленки и деформации поверхности почвы под весом высевающего колеса.

### **Заключение**

Способ посева через пленку является более универсальным, т.к. позволяет применять различные укрывные материалы. Следовательно, требуется разработка высевающего аппарата, обеспечивающего высев семян через мульчирующую пленку с регулируемым расстоянием между семенами.

Высевающий аппарат должен дозировать семена, пробивать пленку с требуемым шагом, формируя при этом семенное ложе и укладывать семена в почву. При этом не должно происходить забивание высевающих рабочих органов почвой или пленкой.

Заделывающие семена полые стержни или стаканчики высевающих колес перемещаются в горизонтальной плоскости на расстояние от 65,69 до 115,86 мм (при глубине заделки семян от 40 до 120 мм), что ограничивает расстояние между семенами в ряду.

Необходимо разработать теоретические зависимости, описывающие движение роторов с учетом сопротивления почвы перемещению в ней заделывающих стержней или стаканчиков, силы трения высевающего колеса по поверхности пленки и деформации поверхности почвы.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Анализ машин для посева пропашных культур под мульчирующую пленку / В. И. Коцуба, К. Л. Пузевич, В. В. Пузевич, В. М. Кузюр // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. Сборник научных работ. – Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2020. – № 1(19) – С. 107–113.

2. Способы мульчирования грунта [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://vladam-seeds.com.ua/ru/agronomiya/sposoby-mulchirovaniya-grunta>. – Дата доступа: 18.01.2020.

3. SAMCO 41HD [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.samco.ie/machinery/40-hd-2/>. – Дата доступа: 18.01.2020.

4. Bed maker/mulching film layer AL-S14 PLUS [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.checchiemagli.com/en/machines/bed-maker-mulching-film-layer-al-s14-plus/>. – Дата доступа: 18.01.2020.

5. Punch film layer [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.samco.ie/machinery/punch-film-layer/>. – Дата доступа: 18.01.2020.

6. SMP pneumatic seed drill [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.spapperi.com/en/product/smp-en/>. – Дата доступа: 18.01.2021.

7. Канарев, Ф. М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия / Ф. М. Канарев. – М.: Машиностроение, 1983. – 142 с.

8. Desmos. Графический калькулятор [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.desmos.com/calculator/>. – Дата доступа: 20.02.2021.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОТСЕИВАЮЩЕГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОБРАБОТКЕ ТОРФА КАВИТАЦИОННЫМ ДИСПЕРГАТОРОМ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ

А. М. КУЛИК, П. Ю. КРУПЕНИН, С. В. КУРЗЕНКОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: antonkulik26@gmail.com

(Поступила в редакцию 18.06.2021)

*В современных условиях работы отрасли растениеводства одним из сдерживающих факторов роста урожайности сельскохозяйственных культур является несбалансированное применение минеральных удобрений, нивелировать пагубное влияние которого можно применением гуминовых препаратов.*

*В условиях Республики Беларусь наиболее целесообразным сырьем в экономическом и технологическом плане является торф. Способы экстракции гуминовых кислот из него напрямую связаны с химическими свойствами этих веществ и, в частности, с их растворимостью в щелочах.*

*Наибольший интерес представляет технология получения гуминовых веществ, представляющая собой сочетание механогидравлической обработки со щелочной экстракцией. С целью оценки значимости отдельных факторов этой технологии на эффективность экстракции гуминовых кислот создана лабораторная установка, с помощью которой реализована программа отсеивающего эксперимента, включающая анализ таких факторов, как концентрация гидроксида калия, количество циклов и среду проведения механогидравлической обработки суспензии, массовая доля сухого вещества в суспензии, температуру в ходе выдержки суспензии. Указанные факторы варьировали на уровнях: концентрация КОН – 1 и 2 %, количество циклов обработки – 20 и 50, массовая доля сухого вещества – 7,7 и 6,3 %, температура в ходе выдержки суспензии – 30 и 85 °С, среда проведения кавитационной обработки суспензии – водная или щелочная.*

*По результатам обработки экспериментальных данных установлено, что концентрация КОН в диапазоне 1–2 % и температура в пределах 30–85 °С, поддерживаемая в процессе выщелачивания суспензии, являются значимыми факторами, а проведение кавитационной обработки в нейтральной или щелочной средах и количество циклов обработки в интервале 20–50 циклов не является значимыми факторами.*

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, экстракция, гуминовые кислоты, диспергирование, кавитация, факторы, эффективность.

*In modern conditions of the plant growing industry, one of the limiting factors for the growth of crop yields is the unbalanced use of mineral fertilizers, the harmful effect of which can be neutralized by the use of humic preparations.*

*In the conditions of the Republic of Belarus, peat is the most expedient humate-containing raw material in economic and technological terms. Methods for extracting humic acids from it are directly related to the chemical properties of these substances and, in particular, to their solubility in alkalis.*

*Of greatest interest is the technology for producing humic substances, which is a combination of mechanic-hydraulic processing with alkaline extraction. In order to assess the influence of individual factors of this technology on the efficiency of extraction of humic acids, a laboratory setup was created, with the help of which a screening experiment program was implemented, including the analysis of such factors as the concentration of potassium hydroxide, the number of cycles and the environment for mechanic-hydraulic processing of the suspension, the mass fraction of dry matter in the suspension, the temperature during suspension holding. These factors varied at the following levels: potassium hydroxide concentration – 1 and 2 %, number of treatment cycles – 20 and 50, mass fraction of dry matter – 7.7 and 6.3 %, temperature during suspension holding – 30 and 85 °C, the medium of cavitation treatment of the suspension – aqueous or alkaline.*

*According to the results of experimental data processing, it was found that the concentration of potassium hydroxide in the range of 1–2 % and the temperature in the range of 30–85 °C, maintained during the leaching of the suspension, are significant factors, and cavitation treatment in neutral or alkaline media and the number of processing cycles in the interval of 20–50 cycles are not significant factors.*

**Key words:** agriculture, extraction, humic acids, dispersion, cavitation, factors, efficiency.

### Введение

В современных условиях работы отрасли растениеводства одним из сдерживающих факторов роста урожайности сельскохозяйственных культур является несбалансированное применение минеральных удобрений. В связи с этим в растениеводческой практике одним из приоритетных направлений становится применение инновационных агрохимических препаратов для регуляции роста растений. К ним относятся и препараты на основе гуминовых кислот.

Гуминовые кислоты представляют собой группу темных гумусовых кислот, растворимых в щелочах. Их биологическая активность обусловлена сложной молекулярной структурой, включающей азот, фосфор, калий и ряд микроэлементов (цинк, железо молибден, медь). Транспортная, регуляторная и протекторная функции гуминовых кислот обеспечивают их высокую эффективность при использовании в качестве удобрений и стимуляторов роста растений [1].

Сырьем для получения гуминовых кислот являются органометаллические породы, такие как торф, уголь, сапропель и горючие сланцы [2]. По критериям доступности и себестоимости гуматсодержащего сырья для Республики Беларусь наиболее перспективным видом сырья является торф [3]. Беларусь занимает второе место по уровню добычи торфа, уступая лишь Финляндии. Общие запасы торфа в рес-

публике оцениваются в 4 млрд т, из которых для промышленной разработки пригодны 800 млн т, т. е. порядка 20 % [3].

Способы экстракции гуминовых кислот из сырья напрямую связаны с химическими свойствами этих веществ и, в частности, с их растворимостью в щелочах. Наиболее доступными реагентами для выщелачивания гуминовых кислот являются гидроксиды натрия и калия.

Поскольку на эффективность растворения гуминовых кислот влияют температура, размер частиц и другие факторы, то логично предположить, что при проведении этого процесса химические методы воздействия рационально сочетать с физическими методами воздействия на исходное сырье. К наиболее перспективным физическим методам такого воздействия можно отнести механо-гидравлическую обработку роторными кавитационными аппаратами [4]. При этом следует отметить, что в научной литературе отсутствует информация о характере и степени влияния отдельных факторов на выход гуминовых кислот при комбинировании процесса выщелачивания с кавитационной обработкой торфа.

#### **Основная часть**

Для определения влияния факторов создана лабораторная установка, состоящая из роторного кавитационного диспергатора с номинальной подачей 20 м<sup>3</sup>/ч, соединенного подводящим и отводящим трубопроводами с баком объемом 50 л.

Диспергатор представлял собой роторный кавитационный аппарат, состоящий из корпуса, внутри которого установлены ротор и статор с каналами прямоугольного поперечного сечения. Вращение ротора обеспечивалось трехфазным асинхронным электродвигателем с номинальной мощностью 11 кВт и частотой вращения 2900 об/мин. Подача обрабатываемого материала из бака в диспергатор производилась самовсасыванием за счет установки лопастей во внутренней полости ротора.

Методика проведения эксперимента заключалась в следующем. В баке приготавливали порцию водо-торфяной смеси массой 45 кг. Массу порции торфа рассчитывали по формуле:

$$m_{\text{т}} = \frac{m_{\text{с}}}{X_{\text{т}} \cdot (M + 1)}, \quad (1)$$

где  $m_{\text{с}}$  – масса порции водо-торфяной смеси, кг;  $X_{\text{т}}$  – долевое содержание сухого вещества в торфе;  $M$  – соотношение массы воды и сухого вещества в суспензии (модуль смеси).

Массу порции воды определяли разностью:

$$m_{\text{в}} = m_{\text{с}} - m_{\text{т}}. \quad (2)$$

Массу порций воды и торфа определяли взвешиванием на электронных настольных весах Масса–К МК–32.2–А22 с ценой деления 0,005 кг. Предварительное смешивание смеси в баке лабораторной установки проводили спиральным миксером.

Запускали диспергатор и через определенные интервалы времени производили отбор проб в химические стаканы объемом 1 л. Время между отборами проб рассчитывали по формуле:

$$\tau = \frac{m_{\text{с}} \cdot i_{\text{ц}}}{Q_{\text{д}} \cdot \rho_{\text{с}}}, \quad (3)$$

где  $i_{\text{ц}}$  – количество циклов обработки;  $Q_{\text{д}}$  – подача диспергатора, м<sup>3</sup>/с;  $\rho_{\text{с}}$  – плотность водо-торфяной суспензии, кг/м<sup>3</sup>.

Плотность водо-торфяной суспензии определяли по выражению:

$$\rho_{\text{с}} = \rho_{\text{в}} + (\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{в}}) X_{\text{с}}, \quad (4)$$

где  $\rho_{\text{в}}$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{т}}$  – плотность органического вещества торфа, кг/м<sup>3</sup>;  $X_{\text{с}}$  – содержание сухого вещества в суспензии.

Массу нетто отбираемых проб суспензии определяли с помощью электронных весов.

Масса–К МК–32.2–А22 с ценой деления 0,005 кг.

Массу навески гидроксида калия (КОН) подлежащую загрузке в химические стаканы рассчитывали по формуле:

$$m_{\text{КОН}} = \frac{X_{\text{КОН}} \cdot m_{\text{п}} \cdot (1 - X_{\text{с}})}{(1 - X_{\text{КОН}})}, \quad (5)$$

где  $X_{\text{КОН}}$  – долевая концентрация КОН в жидкой среде суспензии;  $m_{\text{п}}$  – масса пробы суспензии, кг.

Массу навески КОН отмеряли взвешиванием на прецизионных весах Radwag WLC 0,6/B1 с ценой деления 0,0001 кг.

Добавления навески КОН в отобранные пробы водо-торфяной суспензии проводили после их предварительного нагрева до 55 °С на водяной бане. После смешивания КОН с пробами в химических стаканах устанавливали необходимую температуру нагрева водяной бани. Для контроля фактической температуры суспензии в стаканах использовали термодатчик ТДЛ-1000-06 рН-метра рН-150МИ. По достижении заданной температуры суспензии запускали секундомер и обеспечивали выдержку стаканов в водяной бане в течение 45 минут при периодическом перемешивании. По истечении времени выдержки стаканы извлекали из водяной бани, охлаждали и переливали суспензию в тару для последующей отправки в лабораторию биогеохимии ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси».

Программа эксперимента предполагала оценку значимости таких факторов, как долевая концентрация КОН (кодированное обозначение  $X_1$ ), количество циклов обработки ( $X_2$ ), соотношение сухого вещества и жидкости – гидромодуль ( $X_3$ ), температура суспензии в ходе реакции выщелачивания ( $X_4$ ), среда проведения кавитационной обработки суспензии ( $X_5$ ). Установление границ варьирования указанных факторов проводили как на основе анализа априорной информации, так и эмпирически. Варьирование значений исследуемых факторов осуществлялось на двух уровнях: верхнем (+) и нижнем (-).

Пределы значений концентрации гидроксида калия установлены в ходе анализа научной литературы [5], по результатам которого нижний уровень варьирования фактора  $X_1$  приняли равным 0,01 долевой концентрации КОН в жидкой фазе суспензии, верхний – 0,02.

Согласно имеющимся научным данным, количество циклов обработки торфяной суспензии в роторно-импульсном аппарата оказывает существенное значение на эффективность процесса экстрагирования гуминовых веществ. Например, увеличение количества циклов обработки с 10 до 40 повышает концентрацию свободных гуминовых кислот с 5...13 до 10...20 кг/м<sup>3</sup> [4]. В связи с тем, что в ходе первых 10 циклов обработки преимущественно экстрагируются вещества, находящиеся на поверхности частицы торфа и близлежащих порах, принято решение в эксперименте установить нижнюю границу фактора  $X_2$  равной 20 циклам обработки. Верхнюю границу зафиксировали на уровне 50 циклов. Данное решение обусловлено отсутствием научных данных о сравнении эффективности работы роторно-импульсного аппарата при обработке суспензии торфа в водной (нижний уровень фактора  $X_5$ ) и щелочной (верхний уровень  $X_5$ ) средах.

Соотношение твердой фазы и экстрагента оказывает двойное влияние на эффективность химических методов получения гуминовых веществ. С одной стороны, большее количество жидкости повышает долю извлекаемых веществ, с другой – увеличивает расход реагентов и требует больших энергетических затрат [6]. В связи с этим, минимальное значение гидромодуля в отсеивающих экспериментах определяли опытным путем и фиксировали на уровне, обеспечивающем работоспособность роторно-импульсного аппарата. Для используемого в опытах низинного торфа со степенью разложения 20 % и зольностью 3 % нижняя граница фактора  $X_3$  составила 1:15 (6,3 % сухого вещества), верхнюю границу приняли на уровне 1:12 (7,7 % сухого вещества в суспензии).

В ходе анализа априорной информации установлено, что в большинстве исследований по экстрагированию гуминовых кислот из торфа с помощью щелочных реагентов температура при выдержке суспензии находится в диапазоне 20...90 °С [7], на основании чего верхний уровень варьирования фактора  $X_4$  при проведении отсеивающих экспериментов приняли равным 85 °С. В данном случае была выдвинута гипотеза, что более тонкое измельчение частиц торфа вместе с кавитационной обработкой повысит растворимость гуминовых кислот и обеспечит их экстрагирование без дополнительного нагрева суспензии в процессе выщелачивания. В связи с этим, нижнее значение фактора  $X_4$  зафиксировали на уровне 30 °С, что примерно соответствовало температуре суспензии по окончании обработки роторно-импульсным кавитационным аппаратом.

В качестве критерия оптимизации ( $Y$ ) в отсеивающих экспериментах принимали массовую долю гуминовых кислот в сухом веществе суспензии [8].

Составление плана отсеивающих опытов выполняли методом случайной выборки из матрицы полного факторного эксперимента 2<sup>5</sup> [9]. Матрица планирования отсеивающего эксперимента и значения критерия оптимизации приведены в табл. 1.

Анализ результатов отсеивающих экспериментов выполняли на основании диаграмм рассеяния значений критерия оптимизации [10]. Для этого по оси абсцисс отмечали факторы с их уровнями, а по оси ординат – опытные значения критерия оптимизации (рис. 1).

Каждый фактор рассматривали независимо от других. Величину степени влияния (эффект) того или иного фактора оценивали по разности между средними значениями критерия оптимизации, вы-

численными раздельно для каждого уровня фактора. В качестве среднего значения использовали медиану. Отказ от среднего арифметического в пользу медианы обоснован тем, что зачастую влияние фактора описывается законом распределения отличным от нормального, и использование в этих случаях среднего арифметического зачастую приводит к абсурдным результатам [9].

Таблица 1. Матрица планирования отсеивающих экспериментов и значения критерия оптимизации

№ п.п	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$Y$
1	-	-	+	-	+	0,115
2	-	+	+	-	+	0,131
3	-	-	-	+	-	0,189
4	-	+	-	+	-	0,203
5	-	-	+	+	-	0,212
6	-	+	+	+	-	0,212
7	-	+	+	+	+	0,222
8	-	-	+	+	+	0,226
9	+	-	+	+	-	0,250
10	+	+	+	-	+	0,258
11	+	-	-	-	+	0,259
12	+	+	-	-	+	0,261
13	+	+	+	+	-	0,267
14	+	-	-	+	-	0,268
15	+	+	-	+	-	0,280

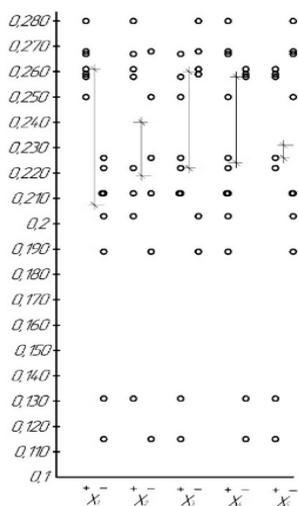


Рис. 1. Диаграмма рассеяния результатов наблюдений по уровням факторов до корректировки

В результате анализа диаграммы рассеяния (рис. 1) выбраны два наиболее значимых фактора: долевая концентрация КОН ( $X_1$ ) и температура суспензии в ходе реакции выщелачивания ( $X_4$ ). Количественную оценку эффектов этих факторов выполняли с использованием таблицы с двумя входами (табл. 2), в клетках которой записывали оцениваемые факторы с уровнями варьирования и значения критерия оптимизации, полученные в том или ином сочетании уровней факторов. В нее также включали результаты экспериментов, распределенные по различным комбинациям уровней факторов, и рассчитывали средние значения критерия оптимизации  $\bar{y}_i$ .

Величину эффектов факторов  $X_1$  и  $X_4$  рассчитывали по следующим формулам [9]:

$$X_1 = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_3 - \bar{y}_2 - \bar{y}_4}{2}; \quad (6)$$

$$X_4 = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_2 - \bar{y}_3 - \bar{y}_4}{2}. \quad (7)$$

Таблица 2. Таблица с двумя входами для вычисления эффектов факторов

Оцениваемые факторы	$+X_1$	$-X_1$
$+X_4$	0,250	0,212
	0,267	0,212
	0,268	0,189
	0,280	0,203
		0,226
		0,222
	$\sum y_1 = 1,065$	$\sum y_2 = 1,264$
	$\bar{y}_1 = 0,266$	$\bar{y}_2 = 0,211$
$-X_4$	0,258	0,115
	0,259	0,131
	0,261	
		$\sum y_3 = 0,778$
		$\bar{y}_3 = 0,259$
		$\sum y_4 = 0,246$
	$\bar{y}_4 = 0,123$	

В результате расчетов по формулам (6–7) эффекты факторов составили  $X_1 = 0,096$ ;  $X_4 = 0,047$ .

Оценку значимости факторов  $X_1$  и  $X_4$  выполняли по критерию Стьюдента ( $t$ -критерию). Экспериментальные значения  $t$ -критерия для каждого из факторов в отдельности определяли по формуле [9]:

$$t_{X_1} = \frac{(\bar{y}_1 + \bar{y}_2) - (\bar{y}_3 + \bar{y}_4)}{\sqrt{\sum \frac{S_{R_i}^2}{n_i}}}; \quad (8)$$

$$t_{X_4} = \frac{(\bar{y}_1 + \bar{y}_3) - (\bar{y}_2 + \bar{y}_4)}{\sqrt{\sum \frac{S_{R_i}^2}{n_i}}}, \quad (9)$$

где  $S_{R_i}$  – среднеквадратическая ошибка, характеризующая рассеяние относительно средних значений в  $i$ -й клетке таблицы с несколькими входами;  $n_i$  – число наблюдений в  $i$ -й клетке таблицы с несколькими входами.

Среднеквадратическую ошибку  $S_{R_i}^2$  рассчитывали по формуле [9]:

$$S_{R_i}^2 = \frac{\sum y_i^2}{n_i - 1} - \frac{(\sum y_i)^2}{n_i \cdot (n_i - 1)}. \quad (10)$$

Рассчитанные по формуле (10) значения среднеквадратической ошибки составили:  $S_{R_1}^2 = 0,00015$ ,  $S_{R_2}^2 = 0,00018$ ,  $S_{R_3}^2 = 0,000023$ ,  $S_{R_4}^2 = 0,00013$ .

По результатам расчетов по формулам (8 – 9) значения  $t$ -критерия для факторов  $X_1$  и  $X_4$  составили:  $t_{X_1} = 8,211$ ,  $t_{X_4} = 16,661$ .

Для признания фактора значимым вычисленное значение  $t$ -критерия должно быть больше табличного. Табличные значения  $t$ -критерия принимали в зависимости от уровня значимости и числа степеней свободы  $f$ , определяемого по формуле [9]:

$$f = \sum n_i - k, \quad (11)$$

где  $k$  – число клеток таблицы с двумя входами,  $k = 4$ .

Число степеней свободы  $f$  для табл. 2 составляет 11. В этом случае табличное значение  $t$ -критерия при 5 %-ном уровне значимости равно  $t_{0,05} = 2,201$  [9].

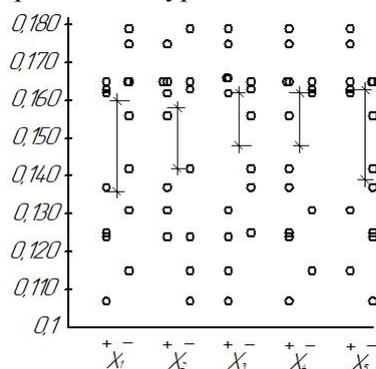


Рис. 2. Диаграмма рассеяния результатов наблюдений по уровням факторов после корректировки

Поскольку расчетные значения  $t$ -критерия факторов  $X_1$  и  $X_4$  превышают табличное при уровне значимости 0,05, то можно заключить, что концентрация КОН и температура суспензии в ходе реакции выщелачивания являются значимыми факторами.

После выделения эффектов и оценки значимости факторов  $X_1$  и  $X_4$  выполняли корректировку результатов отсеивающих экспериментов с целью оценки эффектов других менее сильных факторов.

Корректировку проводили путем вычитания величины эффекта соответствующего фактора из значения критерия оптимизации в случае нахождения этого фактора на верхнем уровне, после чего строили скорректированную диаграмму рассеяния (рис. 2).

Проведя анализ скорректированной диаграммы рассеяния, можно сделать вывод, что эффекты факторов  $X_2$  и  $X_3$  являются наиболее сильными. Их количественную оценку проводили с помощью таблицы с двумя входами (табл. 3).

Таблица 3. Таблица с двумя входами для вычисления эффектов факторов

Оцениваемые факторы	+X <sub>2</sub>	-X <sub>2</sub>
+X <sub>3</sub>	0,124	0,107
	0,131	0,115
	0,162	0,165
	0,165	0,179
	0,175	∑y <sub>2</sub> = 0,565
	∑y <sub>1</sub> = 0,756	$\bar{y}_2 = 0,141$
$\bar{y}_1 = 0,151$		
-X <sub>3</sub>	0,137	0,125
	0,156	0,142
	0,165	0,163
	∑y <sub>3</sub> = 0,458	∑y <sub>4</sub> = 0,430
	$\bar{y}_3 = 0,153$	$\bar{y}_4 = 0,143$

Величину эффектов факторов X<sub>2</sub> и X<sub>3</sub> рассчитывали по формулам [9]:

$$X_2 = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_3}{2} - \frac{\bar{y}_2 + \bar{y}_4}{2}, \quad (12)$$

$$X_3 = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_2}{2} - \frac{\bar{y}_3 + \bar{y}_4}{2}. \quad (13)$$

В результате расчета величина эффектов факторов составила X<sub>2</sub> = 0,009; X<sub>3</sub> = -0,002.

Оценку значимости факторов X<sub>2</sub> и X<sub>3</sub> выполняли по критерию Стьюдента. Экспериментальные значения *t*-критерия определяли по формулам [9]:

$$t_{X_2} = \frac{(\bar{y}_1 + \bar{y}_2) - (\bar{y}_3 + \bar{y}_4)}{\sqrt{\sum \frac{S_{R_i}^2}{n_i}}}; \quad (14)$$

$$t_{X_3} = \frac{(\bar{y}_1 + \bar{y}_3) - (\bar{y}_2 + \bar{y}_4)}{\sqrt{\sum \frac{S_{R_i}^2}{n_i}}}. \quad (15)$$

Значения среднеквадратической ошибки S<sub>R<sub>i</sub></sub><sup>2</sup>, рассчитанные по формуле (10), составили: S<sub>R<sub>1</sub></sub><sup>2</sup> = 0,0005, S<sub>R<sub>2</sub></sub><sup>2</sup> = 0,0013, S<sub>R<sub>3</sub></sub><sup>2</sup> = 0,00021, S<sub>R<sub>4</sub></sub><sup>2</sup> = 0,00037.

В результате расчетов по выражениям (14 – 15) получили значения *t*-критерия для факторов X<sub>2</sub> и X<sub>3</sub>: t<sub>X<sub>2</sub></sub> = -0,127, t<sub>X<sub>3</sub></sub> = 0,779.

Число степеней свободы *f* для табл. 3, определенное по формуле (11), равно 11 и ему соответствует табличное значение *t*-критерия для 10%-го уровня значимости t<sub>0,1</sub> = 1,796 [9].

Поскольку расчетные значения *t*-критерия факторов X<sub>2</sub> и X<sub>3</sub> меньше табличного, то можно заключить, что количество циклов обработки в диапазоне 20...50 и содержание сухого вещества в интервале от 6,3 до 7,7 % являются незначимыми факторами для процесса экстракции гуминовых кислот.

#### Заключение

Из анализа литературных источников можно сделать вывод, что для условий Республики Беларусь в экономическом и технологическом аспектах наиболее предпочтительным гуматсодержащим сырьем является торф, а сочетание химического метода выщелачивания с механогидравлической обработкой представляется наиболее перспективной технологией получения из него гуминовых кислот.

В результате проведения отсеивающего эксперимента и обработки опытных данных установлено, что концентрация КОН в диапазоне 1...2 % и температура в пределах 30...85 °С, поддерживаемая в процессе выщелачивания суспензии являются значимыми факторами, рациональные значения которых могут быть определены в ходе многофакторного эксперимента.

Проведение кавитационной обработки суспензии торфа в нейтральной или щелочной средах нельзя отнести к значимому фактору, однако при использовании щелочной среды выход гуминовых кислот на 6...7 % выше.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что количество циклов обработки в исследованном диапазоне 20...50 циклов не является значимым фактором. При этом, согласно экспериментальным данным, степень извлечения гуминовых кислот составила до 85 % от их изначального содержания в сырье. Такая высокая степень извлечения позволяет сделать вывод о том, что большая часть гуминовых кислот активно экстрагируется на более ранней стадии обработки, а следовательно дальнейшие исследования должны быть направлены на поиск оптимального количества циклов обработки на основании баланса между долей экстрагируемых веществ и энергозатратами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гостищева, М. В. Характеристика химических и биологических свойств различных фракций гуминовых кислот торфов и сапропелей / М. В. Гостищева // Материалы пятой научной школы «Болота и биосфера». – Томск: ЦНТИ, 2006. – с. 168–175.
2. Дудкин, Д. В. Основы теории и технологии механохимической переработки древесных отходов и торфа в препараты гуминовой природы: дис. ... док. техн. наук: 05.21.03 / Д. В. Дудкин. – Красноярск, 2020. – 294 л.
3. Уровни добычи торфа в Республике Беларусь // Государственный информационный ресурс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/belarus-zanimaet-vtoroe-mesto-v-evrope-po-dobychetorfa/> Дата доступа: 03.03.2021.
4. Алешин, А. В. Экстрагирование гуминовых и фульвовых кислот в роторном импульсном аппарате: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 / А. В. Алешин. – Тамбов, 2017. – 187 л.
5. Гаврилов, С. В. Комплексная переработка торфа на биопродукты: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.03 / С. В. Гаврилов – Казань, 2017. – 152 с.
6. Бамбалов, Н. Н. Технологические показатели эффективности процесса экстракции гуминовых веществ при разных соотношениях торфа и экстрагента / Н. Н. Бамбалов, В. В. Смирнова, А. С. Немкович, Г. П. Бровка // Природопользование – Вып 21. – 2012. – С. 244–247.
7. Сорокин, К. Н. Обоснование технических параметров технологической линии по производству гуминовых удобрений из торфа: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / К. Н. Сорокин. – Москва, 2015. – 180 л.
8. Препараты гуминовые жидкие. Общие технические требования и методы контроля: СТБ 2392-2014. – Введ. 01.07.2015. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Респ. Беларусь, 2015. – 14 с.
9. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин. – Ленинград, 1972. – 200 с.
10. Налимов, В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В. В. Налимов, Н. А. Чернова – Москва, 1965. – 340 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ПНЕВМОПЛОТНОСТИ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

**В. И. КОЦУБА, Е. В. СУЛИМА, Р.С. ДАРГЕЛЬ**

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: tech\_service@baa.by

**В. М. КУЗИОР**

УВО «Брянский государственный аграрный университет»,  
г. Брянск, Российская Федерация, 243365, kvming@gmail.com

(Поступила в редакцию 28.06.2021)

Для диагностирования цилиндропоршневой группы (ЦПГ) широкое распространение получила оценка пневмоплотности цилиндра пневмотестером. Однако пневмотестеры разных производителей имеют рабочее давление от 1 до 6 бар и показывают разную величину утечек в одних и тех же условиях. Второй проблемой является определение причины снижения пневмоплотности. Для повышения точности определения причины снижения пневмоплотности предлагается выполнять два измерения – при положении поршня в ВМТ и в средней зоне цилиндра. При износе ЦПГ или залегании колец герметичность цилиндра в зоне ВМТ будет ниже, чем в средней зоне цилиндра. При нарушении герметичности клапанов изменения пневмоплотности по высоте цилиндра наблюдаться не будет.

В статье приведены результаты исследования пневмоплотности цилиндропоршневой группы дизельного двигателя в зависимости от положения поршня и давления подаваемого в цилиндр воздуха. На лабораторной установке исследовалась цилиндропоршневая группа двигателя D-260 в шести положениях поршня  $h = 0 \dots 80$  мм от ВМТ и при давлении воздуха  $P_1 = 1 \dots 6$  бар. Результаты опытов показали, что герметичность изношенной цилиндропоршневой группы в зоне ВМТ при давлении подаваемого воздуха 1 бар на 12,8 % ниже, чем в средней части цилиндра. С повышением давления до 6 бар разность герметичности по высоте цилиндра снижается до 3,2 ... 6,3 %. Зависимости утечек в ЦПГ от давления подаваемого воздуха показали, что утечки в зоне ВМТ снижаются с 25,3 % (при давлении подаваемого воздуха 1 бар) до 12,6 % (при давлении 5 бар). В остальной части цилиндра величина утечек увеличивается с 12,5% (при давлении 1 бар) до 9,1 ... 10,2 % (при давлении 5 бар).

Таким образом, подтверждена гипотеза о зависимости герметичности изношенной цилиндропоршневой группы от положения поршня, что позволяет более точно определять причину ее нарушения. Низкое давление подаваемого воздуха показывает большую информативность измерения, а высокое давление показывает большую стабильность измерения.

**Ключевые слова:** цилиндропоршневая группа, поршень, пневмоплотность, давление, диагностирование.

To diagnose the cylinder-piston group (CPG), the assessment of the pneumatic density of the cylinder with a pneumotester has become widespread. However, pneumatic testers from different manufacturers have an operating pressure of 1 to 6 bar and show different leak rates under the same conditions. The second problem is to determine the cause of the decrease in pneumatic density. To improve the accuracy of determining the cause of the decrease in pneumatic density, it is proposed to perform two measurements – with the piston position at TDC and in the middle zone of the cylinder. With the wear of the CPG or the occurrence of rings, the tightness of the cylinder in the TDC zone will be lower than in the middle zone of the cylinder. If the tightness of the valves is violated, there will be no change in the pneumatic density along the height of the cylinder.

The article presents results of a study of the pneumatic density of the cylinder-piston group of a diesel engine, depending on the position of the piston and the pressure of the air supplied to the cylinder. On a laboratory setup, the cylinder-piston group of the D-260 engine was investigated in six positions of the piston  $h = 0 \dots 80$  mm from TDC and at an air pressure  $P_1 = 1 \dots 6$  bar. The results of the experiments showed that the tightness of the worn-out cylinder-piston group in the TDC zone at a supply air pressure of 1 bar is 12.8 % lower than in the middle part of the cylinder. With an increase in pressure to 6 bar, the difference in tightness along the height of the cylinder decreases to 3.2 ... 6.3 %. The dependences of leaks in the CPG on the pressure of the supplied air showed that the leaks in the TDC zone are reduced from 25.3 % (at a supply air pressure of 1 bar) to 12.6 % (at a pressure of 5 bar). In the rest of the cylinder, the leak rate increases from 12.5 % (at a pressure of 1 bar) to 9.1 ... 10.2 % (at a pressure of 5 bar).

Thus, the hypothesis about the dependence of the tightness of the worn-out cylinder-piston group on the position of the piston has been confirmed, which makes it possible to more accurately determine the cause of its violation. A low supply air pressure indicates a more informative measurement, and a high pressure indicates a more stable measurement.

**Key words:** cylinder-piston group, piston, pneumatic density, pressure, diagnostics.

### Введение

В процессе эксплуатации автотракторных двигателей своевременная проверка и прогнозирование технического состояния их систем и механизмов является главным условием обеспечения эффективности и эксплуатационной надежности. В самых тяжелых условиях в двигателе работает цилиндропоршневая группа. Ее детали выполняют наиболее ответственные функции в рабочем процессе двигателя. Так, поршневые кольца и гильзы должны создавать достаточно герметичное рабочее пространство цилиндра, интенсивно отводить теплоту от поршней в систему охлаждения, маслоъемные

кольца должны обеспечивать образование равномерной масляной пленки на трущихся поверхностях и не допускать попадания масла в камеру сгорания [1].

По мере изнашивания цилиндропоршневой группы, а также при закоксовывании колец или их поломке герметичность рабочего объема цилиндра становится недостаточной.

Утечки из-за нарушения герметичности ЦПГ приводят к уменьшению давления и температуры сжатого воздуха смеси в конце такта сжатия. Следствием этого являются затрудненный пуск (топливо не самовоспламеняется) и перебои в работе двигателя.

При сгорании топливоздушного смеси газы под большим давлением прорываются в картер, откуда выходят в атмосферу через сапун. Из-за повышенного прорыва газов уменьшается давление их на поршень, что приводит к снижению мощности двигателя.

С износом деталей, потерей упругости колец увеличивается количество масла, проникающего в надпоршневое пространство и сгорающего там под действием высокой температуры. Попадание масла в камеру сгорания вызывает образование нагара на днищах поршней и головке цилиндров и затрудняет отвод теплоты через стенки цилиндров. Сгорание масла изменяет цвет отработавших газов – они становятся синеватого цвета [1].

Поэтому в процессе эксплуатации машин оценке технического состояния ЦПГ необходимо уделять особое внимание.

### **Основная часть**

Диагностирование ЦПГ производится по внешним признакам и инструментальным методом. Для оценки текущего состояния цилиндропоршневой группы двигателей наибольшее распространение получили следующие методы диагностики – измерение компрессии, расхода картерных газов, величины утечек из камеры сгорания.

Диагностирование состояния ЦПГ по внешним признакам осложняется тем, что имеется взаимовлияние неисправностей механизмов и систем двигателя. Причиной попадания масла в камеру сгорания кроме ЦПГ может быть износ или потеря эластичности маслосъемных колпачков, износ турбокомпрессора, коробление головки блока цилиндров, пробой прокладки и др. Мощность двигателя зависит от состояния и регулировок топливного насоса высокого давления и форсунок, угла опережения впрыска топлива, состояния воздушного фильтра и турбокомпрессора и др. Следовательно при диагностировании ЦПГ необходимо убедиться в исправности других механизмов и систем двигателя.

В практике диагностирования ЦПГ наибольшее распространение измерение расхода картерных газов, компрессии и герметичности камеры сгорания.

Оценка состояния ЦПГ по расходу картерных газов имеет недостаточную точность из-за утечек газов через уплотнения и вибрации двигателя. Кроме того, данный метод не позволяет определить отдельный неисправный цилиндр и конкретные причины снижения работоспособности ЦПГ [2].

Основным недостатком диагностирования состояния ЦПГ измерением компрессии является зависимость показаний компрессометра от частоты вращения коленчатого вала. При этом частота вращения коленчатого вала при прокрутке стартером ( $250\text{--}350\text{ мин}^{-1}$ ) существенно отличаются от частоты вращения в режиме холостого хода ( $700\text{--}900\text{ мин}^{-1}$ ) и еще больше в режимах частичных и полных нагрузок. Из-за интенсивного движения поршня при прокрутке стартером проблематично выявление небольшого износа ЦПГ. Проблемой является также невозможность диагностирования ЦПГ на демонтированном, частично разобранным двигателе или двигателе с неработающим стартером. Кроме того, данный метод также не позволяет определить конкретные причины снижения работоспособности ЦПГ [3].

Косвенно состояние ЦПГ можно оценить измерением тока потребления стартером в режиме прокрутки двигателя. Чем герметичнее надпоршневое пространство цилиндра, тем больше будет давление сжимаемого воздуха и сопротивление вращению двигателя, следовательно, больший ток потребляет стартер для проворачивания коленчатого вала [4]. Однако на потребляемый ток влияет не только состояние ЦПГ, но и состояние стартера, кривошипно-шатунного механизма, проводки и др.

Диагностирование ЦПГ анализом продуктов износа в системе смазки с оценкой числа, концентрации частиц и их химического состава. При нормальном износе обнаруживаются частицы размером до  $15\text{ мкм}$  и толщиной до  $1\text{ мкм}$ . Начало интенсивного изнашивания сопровождается увеличением концентрации частиц и их размера до  $50\text{ мкм}$  и появлением определенной их формы: осколки, пластины неправильной формы, стружка [5].

Площадь рабочей поверхности цилиндров двигателя Д-243 составляет  $172787,60\text{ мм}^2$ , а для двигателя Д-260 –  $259181,39\text{ мм}^2$ . При максимальном износе рабочей поверхности цилиндров  $0,4\text{ мм}$  объем

снятого в процессе износа металла составит  $3456,59 \text{ мм}^3$  (массой 266,045 г.) для двигателя Д-243 или  $5184,88 \text{ мм}^3$  (массой 399,068 г.) – для двигателя Д-260.

Недостатком данного метода является то, что данный способ не может конкретно подтвердить наличие износа гильз цилиндров и поршневых колец, так как в двигателе присутствуют другие трущиеся пары механизмов КШМ и ГРМ, которые также могут давать продукты износа в процессе работы.

Кроме того, в двигателях предусмотрена периодическая замена масла и масляных фильтров. Периодичность замены масла в двигателях минского моторного завода составляет 250 часов наработки, в двигателях Deutz – 500 часов наработки. Следовательно, анализ масла покажет наличие процесса износа, но не может показать величину этого износа с начала наработки двигателя. Для определения величины износа и ресурса двигателя необходимо исследовать содержание металла в масле перед каждой его заменой для отслеживания динамики изменения этого параметра, что затруднительно реализовать в производственных условиях.

В последнее время широкое распространение получила диагностика состояния ЦПГ пневмотестером. Поршень проверяемого цилиндра выставляется в ВМТ на такте сжатия (при закрытых клапанах). В цилиндр подается сжатый воздух под фиксированным давлением и по величине падения давления оценивается пневмоплотность цилиндра [6].

Однако выпускаемые промышленностью пневмотестеры имеют рабочее давление от 1 до 6 бар и практика их использования показывает, что приборы разных производителей в одних и тех же условиях показывают разную величину утечек. Кроме того, приборы некоторых производителей не имеют жиклера между манометрами, что в принципе не позволяет выполнять диагностирование ЦПГ.

Второй проблемой диагностирования ЦПГ является определение причины снижения пневмоплотности – износ поршневых колец и гильзы цилиндра или нарушение герметичности клапанов. В руководствах по эксплуатации приборов возможную причину неисправности рекомендуется определять по направлению потока воздуха. Если весь воздух выходит через картер двигателя, это указывает на износ ЦПГ или залегание колец, а шум во впускном или выпускном коллекторе – на нарушение герметичности клапанов. Однако данный метод не всегда может быть реализован на практике [6].

Тем не менее у диагностирования ЦПГ пневмотестером имеется нереализованный потенциал повышения точности определения причины снижения пневмоплотности. Это связано с тем, что в процессе работы цилиндр двигателя изнашивается неравномерно (рис. 1). Максимальный износ наблюдается в зоне ВМТ, который для большинства двигателей легковых автомобилей составляет 0,15 мм, а для двигателей грузовых автомобилей и тракторов – 0,4 мм [2].

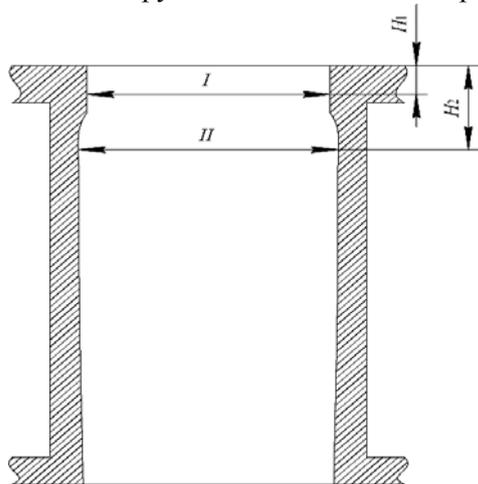


Рис. 1. Схема износа цилиндров: *I* – плоскость без износа; *II* – плоскость максимального износа

Следовательно, в процессе диагностирования необходимо выполнять два измерения – при положении поршня в ВМТ и в средней зоне цилиндра. При износе ЦПГ или залегании колец герметичность цилиндра в зоне ВМТ будет ниже, чем в средней зоне цилиндра. При нарушении герметичности клапанов изменения пневмоплотности по высоте цилиндра наблюдаться не будет.

В процессе лабораторных исследований ставилась цель определить зависимость пневмоплотности цилиндропоршневой группы дизельного двигателя от положения поршня и давления подаваемого в цилиндр воздуха.

Для исследования пневмоплотности цилиндропоршневой группы разработана лабораторная установка (рис. 2), которая представляет собой основание 1 с зафиксированной на ней гильзой 2, установ-

ленной между нижней 5 и верхней 4 крышками. Герметичность цилиндра обеспечивается установкой между цилиндром и крышками резиновой прокладки и стягивании крышек шпильками 6.

Внутри гильзы помещен поршень 3, высота установки которого изменяется при помощи винта 7. Высота установки поршня отслеживается по линейке 8, причем отметка «0» на линейке соответствует положению поршня в верхней мертвой точке, а «110» – в нижней мертвой точке.

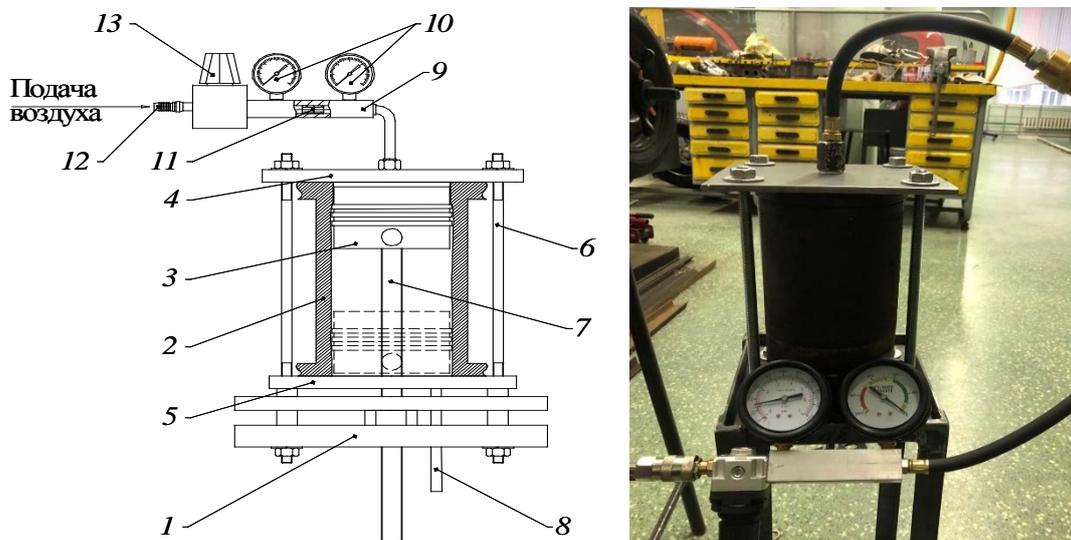


Рис. 2. Схема и общий вид лабораторной установки для измерения пневмоплотности цилиндропоршневой группы:  
 1 – основание; 2 – цилиндр; 3 – поршень; 4 – крышка верхняя; 5 – крышка нижняя; 6 – шпильки;  
 7 – винт регулировки положения поршня; 8 – линейка; 9 – корпус пневмотестера; 10 – манометр;  
 11 – жиклер; 12 – патрубок подачи сжатого воздуха; 13 – дроссель

В надпоршневое пространство через штуцер подается воздух, а подпоршневое пространство связано с атмосферой. В конструкцию пневмотестера были внесены изменения, позволяющие проводить измерения с жиклерами 11 различного диаметра (от 0,4 до 2,0 мм) и манометрами 10, имеющими рабочее давление от 1 до 6 бар.

Исследования проводились на цилиндропоршневой группе двигателя Д-260. Измерения выполнялись в шести положениях поршня от ВМТ:  $h = 0$  мм (ВМТ),  $h = 5$  мм,  $h = 10$  мм,  $h = 20$  мм,  $h = 50$  мм и  $h = 80$  мм. Через штуцер в надпоршневое пространство подавался воздух под давлением  $P_1$  от 1 до 6 бар. Измерение на пневмоплотность цилиндропоршневой группы осуществлялось по падению давления на втором манометре пневмотестера. Замер производился в трехкратной повторности, при фиксированном положении поршня.

Зависимость герметичности изношенной цилиндропоршневой группы от положения поршня по высоте цилиндра при различном давлении подаваемого воздуха представлена на рис. 3.

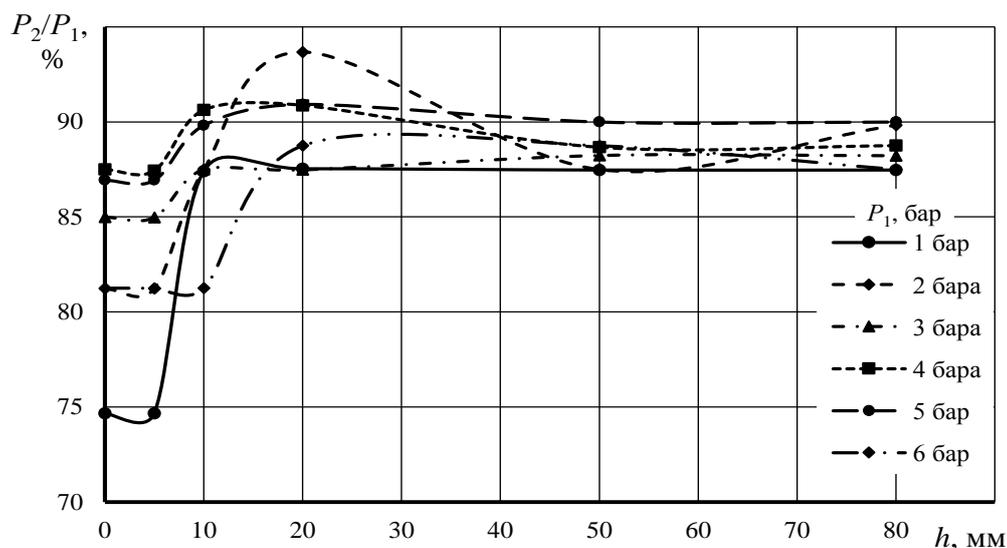


Рис. 3. Зависимость герметичности цилиндропоршневой группы от положения поршня по высоте цилиндра ( $h$ ) при различном давлении подаваемого воздуха ( $P_1$ )

Анализ полученных зависимостей показал, что герметичность изношенной цилиндропоршневой группы в зоне ВМТ ( $h = 0 \dots 5$  мм) при давлении подаваемого воздуха 1 бар на 12,8 % ниже, чем в остальной части цилиндра. С повышением давления до 6 бар разность герметичности снижается до 3,2...6,3 %.

На рис. 4 представлена зависимость герметичности изношенной цилиндропоршневой группы от давления подаваемого воздуха при различном положении поршня по высоте цилиндра.

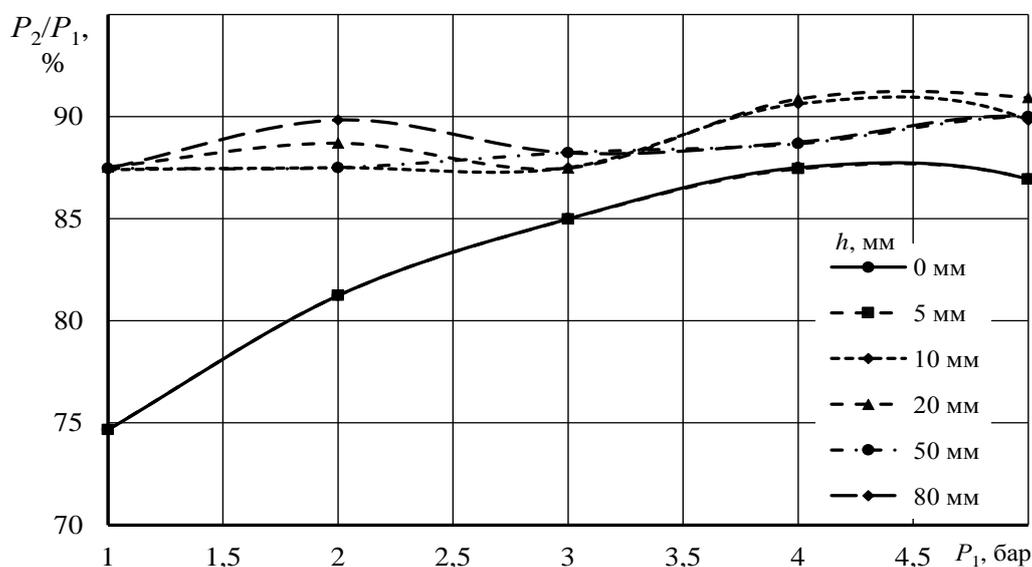


Рис. 4. Зависимость величины утечек от давления подаваемого воздуха ( $P_1$ ) при различном положении поршня по высоте цилиндра ( $h$ )

Анализ полученных зависимостей показал, что при увеличении давления подаваемого воздуха утечки воздуха в зоне ВМТ ( $h = 0 \dots 5$  мм) снижаются с 25,3 % (при давлении подаваемого воздуха  $P_1 = 1$  бар) до 12,6 % (при давлении  $P_1 = 5$  бар). В остальной части цилиндра величина утечек воздуха увеличивается с 12,5% (при давлении  $P_1 = 1$  бар) до 9,1...10,2 % (при давлении  $P_1 = 5$  бар).

Причиной различия зависимости утечек от давления воздуха в изношенной и неизношенной части цилиндра является то, что в зоне ВМТ утечки воздуха происходят через замки колец и через зазор между кольцами и стенкой цилиндра. В средней части цилиндра утечки воздуха происходят через замки колец.

Снижение утечек при увеличении давления воздуха обусловлено тем, что режим течения газов зависит от соотношения сил инерции и сил вязкости (внутреннего трения) в потоке, которое выражается критерием Рейнольдса [7]:

$$Re = \frac{dv\rho}{\mu}, \quad (1)$$

где  $d$  – внутренний диаметр канала (условный диаметр зазоров ЦПГ), м;  $v$  – скорость воздушного потока, м/с;  $\rho$  – плотность среды, кг/с;  $\mu$  – динамическая вязкость среды, Па·с.

Процесс истечения газа через сужающие устройства можно считать адиабатическим (отвод или подвод тепла отсутствует). В этом случае плотность газа меняется по адиабате:

$$\rho = \rho_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}}, \quad (2)$$

где  $\rho_1$  – начальная плотность газа, кг/с;  $P_1$  и  $P_2$  – давление воздушного потока до и после отверстия, Па;  $k$  – показатель адиабаты, зависящий от типа газа, его температуры и давления.

Пропускная способность отверстия зависит от отношения давлений и снижается пропорционально уменьшению соотношения  $\frac{P_2}{P_1}$ .

Таким образом, в результате лабораторных опытов подтверждена гипотеза о зависимости герметичности изношенной цилиндропоршневой группы от положения поршня, что позволяет более точно определять причину нарушения герметичности цилиндра.

Низкое давление подаваемого воздуха показывает большую информативность измерения, за счет более широкого изменения пневмоплотности в зоне ВМТ по сравнению со средней частью цилиндра и меньшего изменения плотности воздуха, истекающего через зазоры ЦПГ.

## **Заключение**

В результате лабораторных опытов подтверждена гипотеза о зависимости герметичности изношенной цилиндропоршневой группы от положения поршня, что позволяет более точно определять причину нарушения герметичности цилиндра. Кроме того, низкое давление подаваемого воздуха показывает большую информативность измерения, в то время как высокие давления показывают большую стабильность измерения.

Для определения причины снижения пневмоплотности необходимо выполнять два измерения – при положении поршня в ВМТ и в средней зоне цилиндра при давлении подаваемого воздуха 1...2 бар. При износе ЦПГ или залегании колец герметичность цилиндра в зоне ВМТ при давлении подаваемого воздуха 1 бар на 12,8 % ниже, чем в средней части цилиндра.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Совершенствование методики и средств диагностирования дизельных двигателей / С. И. Будко [и др.] // Сельский механизатор. – 2020. – №1. – С. 36–40.
2. Диагностика и техническое обслуживание машин: лаб. практикум. В 6 ч. Ч. 1 / Г.С. Дубовик [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2009. – 96 с.
3. Повреждения поршней и их причины [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.ms-motorservice.com/ru/tekhnipedija/post/povrezhde-nija-porshnei-i-ikh-prichiny/>. – Дата доступа: 09.01.2021.
4. Оценка технического состояния двигателей внутреннего сгорания по току, потребляемому стартером при прокрутке двигателя / А. А. Бабошин, А. С. Косарев, В. С. Малышев. – Вестник МГТУ. – Том 16. – №1. – 2013. – С. 33–39.
5. Минаков, В. А. Совершенствование технологии диагностирования тепловозного дизеля по результатам контроля содержания продуктов износа в моторном масле: дис. канд. техн. наук. / В. А. Минаков. – Омск: Омский ГУПС, 2018. – 152 с.
6. Force. Тестер герметичности (утечек) цилиндра [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://toolsclub.com.ua/force-tester-germetichnosti-utechek-cilindra-p-9259.html> / – Дата доступа: 02.03.2020.
7. Чухарева, Н. В. Определение количественных характеристик нефти и газа в системе магистральных трубопроводов: учебное пособие / Н. В. Чухарева, А. В. Рудаченко, В. А. Поляков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 311 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА НА ТРАКТОРНОМ ДИЗЕЛЕ 4ЧН 11,0/12,5

В. А. ШАПОРЕВ, Р. С. ДАРГЕЛЬ, Е. В. СУЛИМА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 02.07.2021)

Экологическая обстановка осложнена увеличением выбросов вредных веществ в атмосферу, одним из результатов данного осложнения можно отметить рост автотранспорта по всему миру, данное обстоятельство способствует поиску решений по совершенствованию автотракторных двигателей с целью изменения экологических показателей в лучшую сторону. Республика Беларусь обладает существенным потенциалом для выработки биогаза, так как активное развитие животноводческого комплекса страны обуславливает необходимость утилизации большого количества животноводческих отходов. Газомоторное топливо всё больше и больше завоевывает мировой рынок моторного топлива, поэтому в мире автопроизводства возникает потребность в разработке систем подачи газомоторного топлива и разработке двигателей, приспособленных под данные виды топлив.

Целью данной работы является определение наиболее выгодных режимов работы тракторного дизеля на газомоторном топливе. Была осуществлена модернизация экспериментальной установки и системы питания тракторного дизеля, проведена оценка влияния замещения части дизельного топлива (ДТ) на биогаз (БГ) и природный газ (ПГ) на эффективные и экологические показатели работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2). Установлено, что эффективные показатели работы дизеля на данных смесях показывают незначительное снижение мощности, крутящего момента и КПД, а также рост удельного эффективного расхода теплоты смеси и рост суммарно потребного количества теплоты, вводимой в цилиндры дизеля. Экологические показатели характеризуются снижением выбросов с отработавшими газами частиц сажи и оксидов азота, а также незначительным увеличением выбросов с отработавшими газами оксидов углерода, диоксида углерода и углеводородов.

**Ключевые слова:** Тракторный дизель, дизельное топливо, биогаз, природный газ, отработавшие газы, дымность, токсичность.

*The environmental situation is complicated by an increase in the emissions of harmful substances into the atmosphere, one of the results of this complication is the growth of vehicles around the world, this circumstance contributes to the search for solutions to improve automotive engines in order to change environmental indicators for the better. The Republic of Belarus has a significant potential for biogas production, since the active development of the country's livestock complex necessitates the disposal of a large amount of livestock waste. NGV fuel is gaining more and more popularity in the world motor fuel market, so in the world of automotive industry there is a need to develop NGV fuel supply systems and develop engines adapted to these types of fuels.*

*The purpose of this work is to determine the most advantageous operating modes of a tractor diesel engine running on gas-motor fuel. The modernization of the experimental installation and the power supply system of the tractor diesel engine was carried out, an assessment was made of the impact of replacing part of the diesel fuel (DF) with biogas (BG) and natural gas (NG) on the effective and environmental performance of the diesel engine 4ChN 11.0/12.5 (D- 245.5S2). It was found that the effective performance of a diesel engine on these mixtures shows a slight decrease in power, torque and efficiency, as well as an increase in the specific effective consumption of heat of the mixture and an increase in the total required amount of heat introduced into the cylinders of the diesel engine. The environmental indicators are characterized by a decrease in emissions with exhaust gases of soot particles and nitrogen oxides, as well as a slight increase in emissions with exhaust gases of carbon oxides, carbon dioxide and hydrocarbons.*

**Key words:** tractor diesel, diesel fuel, biogas, natural gas, exhaust gases, smoke, toxicity.

### Введение

Возможность применения газового топлива в автотракторных двигателях интересует исследователей достаточно давно. Из современных исследователей по применению газомоторного топлива стоит отметить Имада Саада С. Б. и Новичкова М. Ю. [1, 2].

Имад Саад С. Б. в лаборатории кафедры сельскохозяйственных машин и машиностроения Хартумского университета исследовал применение смеси БГ с различным содержанием метана и ДТ на рабочие процессы малогабаритного дизеля Lister-Delta-Vertical. Им было выявлено, что при работе дизеля на БГ с концентрациями метана 60 %, 72,8 %, 77,4 % и 84,8 %, он показывал 82 %, 93 %, 97 % и 98 % от его эффективных показателей при работе на ДТ, данное обстоятельство доказывает роль концентрации метана в БГ на эффективные показатели дизеля работающего по газожидкостному режиму [3].

Рост количества метана в БГ и доля подаваемом в дизель двигатель БГ дает возможность снизить количество ДТ. Во время роста содержания метана с 60 % до 70 % часть замещенного ДТ снижается с 30 % до 20 %, а также данный рост содержания метана в БГ сопровождается снижением эффективного КПД.

Новичков М. Ю. в научно-исследовательской лаборатории «Санкт-Петербургского государственного политехнического университета» исследовал газожидкостной рабочий процесс дизеля 64 15/18 (ЗД6) с применением различного количества ПГ в смеси с ДТ. Результаты его работы уста-

новили следующие, снижение дымности отработавших газов (ОГ) примерно в 5 раз при работе двигателя на смесях ДТ с газообразного топлива и снижение концентрации окиси углерода в ОГ в пределах от 7 % до 20 % при работе двигателя соответственно на смесях ДТ и газообразного топлива относительно работы двигателя на чистом ДТ. Негативной стороной является то, что при работе двигателя на этих смесях относительно работы двигателя на чистом ДТ возрастает содержание выбросов в ОГ углеводородов и окиси азота. Также экспериментально Новичков М. Ю. подтвердил тот факт, что переход работы двигателя с ДТ на смесь ДТ с газообразным топливом сопровождается увеличением периода задержки воспламенения [4...6].

Новичков М. Ю. предлагает увеличить угол опережения впрыска топлива при переводе дизельного двигателя в газодизель, так как при стандартном угле опережения впрыска эффективные показатели являются заниженными в отличие дизельного прототипа.

На основании вышеизложенного, целью данной работы является определение наиболее выгодных режимов работы дизельного двигателя на газомоторном топливе.

Задачами исследований являются:

- модернизация экспериментальной установки и системы питания тракторного дизеля для проведения исследований;
- оценка влияния замещения части ДТ на БГ и ПГ на основные показатели работы дизельного двигателя 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2).

### **Основная часть**

Проведение экспериментальных исследований осуществлялось в аккредитованной научно-исследовательской лаборатории «Белорусской государственной сельскохозяйственной академии». Проводя экспериментальные исследования ДТ, было замещено БГ и ПГ в процентном соотношении по общему количеству подаваемой теплоты в цилиндры дизельного двигателя.

В состав экспериментальной установки входил тракторный дизель 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2) с турбонаддувом и промежуточным охлаждением надвучного воздуха. При помощи нагрузочного стенда SAK-N670 с его вспомогательным оборудованием осуществлялось измерение крутящего момента. Электронный датчик, расположенный на коленчатом валу, измерял его частоту вращения. Количество расходуемого ДТ измерялось при помощи расходомера АИР-50. БГ и ПГ находился в специальных баллонах высокого давления, регулировки давления в баллонах и подающих рукавах осуществлялось редуктором БКО 50-5, расход их определялся газовым счетчиком СМГ-4. Подача БГ и ПГ осуществлялась через двухступенчатый газовый редуктор, газовые форсунки и газовые штуцера. Измерение токсичности ОГ осуществлялось газоанализатором Маһа MGT-5, а дымность при помощи дымомера MDO2 LON. Данные приборы имели сертификаты о прохождении государственной поверки.

Газообразное топливо вводилось в цилиндры дизельного двигателя запатентованной системой питания. Данная система питания в дизельный двигатель способна определять утечку данного топлива, и изображена она на рис. 1 [7].

Принцип работы этой системы питания заключается в следующем. При работе двигателя на частичных нагрузках и холостом ходу частота вращения коленчатого вала, определяемая датчиком положения коленчатого вала 27, будут низкой, а расход воздуха, проходящий через датчик массового расхода воздуха 2 во впускном коллекторе 1 – мал (допустимые параметры расхода воздуха и оборотов частоты вращения коленчатого вала задаются в электронном блоке управления 14). При этом электронный блок управления 14 не получает сигнала от ДМРВ 2 и датчика положения коленчатого вала 27, следовательно, электрокорректор 12 не осуществляет выдвижения штока, также газовая форсунка 7 не подает газообразное топлива во впускной коллектор 1. На сенсорном дисплее 18 выводятся данные о значении расхода потребляемого воздуха и оборотов коленчатого вала.

При возрастании оборотов коленчатого вала дизельного двигателя, расход потребляемого воздуха растет, датчик ПКВ 27 и ДМРВ 2 посылают сигнал на электронный блок управления 14, который подает сигнал на электро-корректор 12. Далее плавно выдвигающийся шток электрокорректора 12 упирается в основной рычаг 13 и, при выдвинутом штоке электрокорректора 12, подается сигнал через электронный блок управления 14 на форсунку подачи газа 7, где она совершает впрыск газообразного топлива во впускной коллектор 1. Газообразное топлива вводится в пределах от 80 % до 85 %.

При достижении предельной частоты вращения коленчатого вала двигателя в газодизельном режиме расход воздуха становятся выше допустимых. В этот момент датчики массового расхода воздуха 2 и положения коленчатого вала 27 отправляют команду на ЭБУ 14, который посылает сигнал на

электрокорректор 12 и газовую форсунку 7, где далее осуществляется переход из газодизельного режима в жидкостной режим работы. Соответственно, это и позволяет защитить силовую установку от перегрузки. Запуская двигатель, его необходимо прогреть до рабочей температуры, до этого момента введения газообразного топлива не осуществляется.

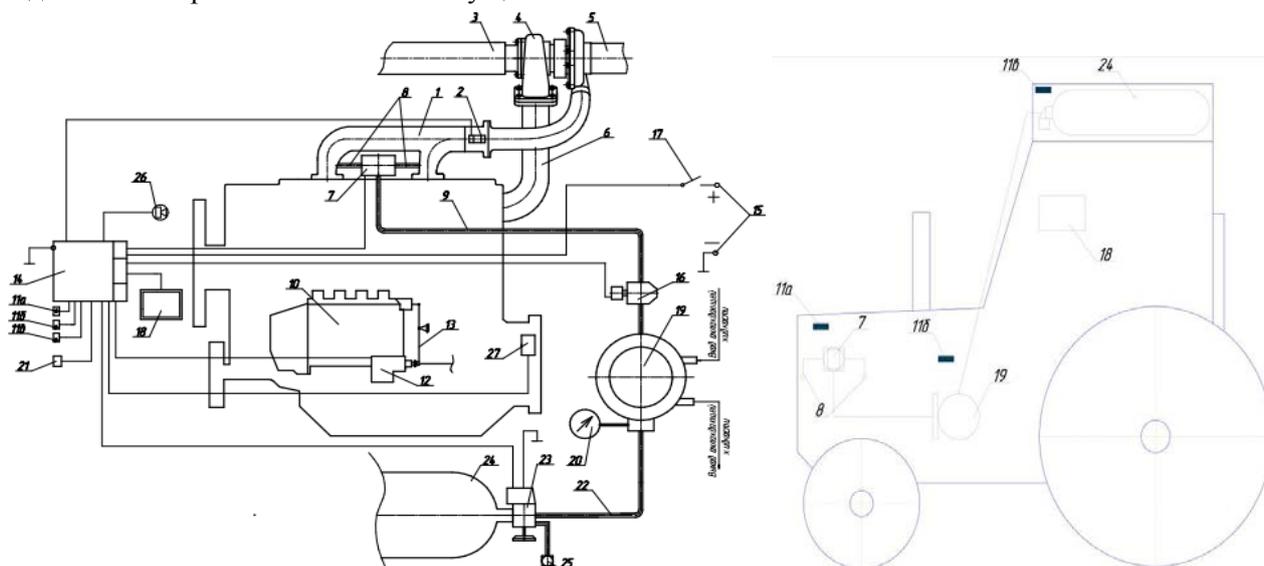


Рис. 1. Система подачи и контроля утечки газообразного топлива в дизельном двигателе:

1 – впускной коллектор; 2 – датчик массового расхода воздуха (ДМРВ); 3 – приемная труба глушителя шума; 4 – турбокомпрессор; 5 – подающая труба; 6 – выпускной коллектор; 7 – форсунка газовая; 8 – штуцера газовые; 9 – газопровод низкого давления; 10 – топливный насос высокого давления (ТНВД); 11 – датчик утечки газа; 12 – электрокорректор; 13 – рычаг основной; 14 – электронный блок управления (ЭБУ); 15 – источник питания; 16 – электромагнитный клапана с фильтрующим элементом; 17 – выключатель; 18 – сенсорный дисплей; 19 – двухступенчатый газовый редуктор;

20 – манометр; 21 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 22 – газопровод высокого давления; 23 – вентиль с электромагнитной катушкой; 24 – источник газового топлива; 25 – заправочный клапан; 26 – звуковой сигнал; 27 – датчик положения коленчатого вала (ДПКВ)

В случае утечки газа, датчик утечки газа 11, в расположенный в отсеке установки источника газового топлива 24, а также расположенные в моторном отсеке возле газовой форсунки 7 и двухступенчатого газового редуктора 19 датчики утечки газа 11а и 11б определяют содержание газа. Если содержания газа около какого-либо датчика превысит заданный уровень, то сигнал передается на электронный блок управления 14, который подает один сигнал на звуковую сигнализацию 26, а другой сигнал на вентиль с электромагнитной катушкой 23 и электромагнитный клапан 16 с фильтрующим элементом, которые перекрывают доступ газового топлива в двигатель. При этом на сенсорном дисплее 18 появляется информация, указывающая – в каком месте появилась утечка газа.

Нагрузочная характеристика дизельного двигателя Д-245.5S2 при частоте вращения  $n=1400 \text{ мин}^{-1}$  изображена на рис. 2.

Показатели удельного эффективного расхода теплоты  $g_e$  идут на спад по всему представленному диапазону нагрузки  $p_e$ , при работе двигателя на смесевых топливах с добавлением 15 % БГ, 30 % БГ, 15 % ПГ и 30 % ПГ чем при работе на чистом ДТ (рис. 2). Согласно графику (рис. 2), двигатель, работающий на ДТ в точке нагрузке  $p_e=0,85 \text{ МПа}$ , показывает нам значение  $g_e=11,40 \text{ МДж/кВт}\times\text{ч}$ . В точке нагрузки  $p_e=0,86 \text{ МПа}$  двигатель, работающий на смесевом составе 85 % ДТ + 15 % БГ показывает значение удельного эффективного расхода теплоты  $g_e=24,62 \text{ МДж/кВт}\times\text{ч}$ . Также в точке нагрузки  $p_e=0,84 \text{ МПа}$  и при работе двигателе на смесевом составе 70% ДТ + 30 % БГ его значение увеличивается до  $g_e=31,21 \text{ МДж/кВт}\times\text{ч}$ . Значение удельного эффективного расхода теплоты двигателя, работающего на смеси 85% ДТ + 15 % ПГ составит  $g_e=17,30 \text{ МДж/кВт}\times\text{ч}$  в точке  $p_e=0,87 \text{ МПа}$ . Соответственно, работа двигателя на смесевом составе 70 % ДТ + 30 % ПГ увеличится до значения  $g_e=28,22 \text{ МДж/кВт}\times\text{ч}$  в точке нагрузки  $p_e=0,83 \text{ МПа}$ . В процентном соотношении, значение удельного эффективного расхода теплоты с добавлением 15 % БГ и 30 % БГ возрастает на 53,69 % и 63,47 % относительно чистого ДТ, а с добавлением 15 % ПГ и 30 % ПГ этот рост составит 34,1 % и 59,6 %.

Количество теплоты, подаваемой в цилиндры дизельного двигателя, характеризуется ее ростом по всему охвату нагрузки. Показатель теплоты  $Q$ , подаваемой в цилиндры при работе двигателя на смесевых составах с добавлением БГ при вышеуказанных точках нагрузки, составляет  $Q=695,31 \text{ МДж}$  и

$Q=702,24$  МДж. Следовательно, при работе двигателя на смесевых составах с добавлением ПГ эти значения составляют  $Q=679,12$  МДж и  $Q=699,15$  МДж, а вот при работе двигателя на чистом ДТ оно будет равняться  $Q=667,18$  МДж. Рост потребного значения  $Q$  относительно чистого ДТ показывает 4,05 % для смесевого состава 85 % ДТ + 15 % БГ, 4,99 % для 70 % ДТ + 30 % БГ, а также 1,76 % для 85 % ДТ + 15 % ПГ и 4,57 % для 70 % ДТ + 30 % ПГ. Повышение значения удельного эффективного и суммарного расхода теплоты, поступившего в цилиндры двигателя объясняется худшей теплотворной способностью БГ и ПГ относительно чистому ДТ.

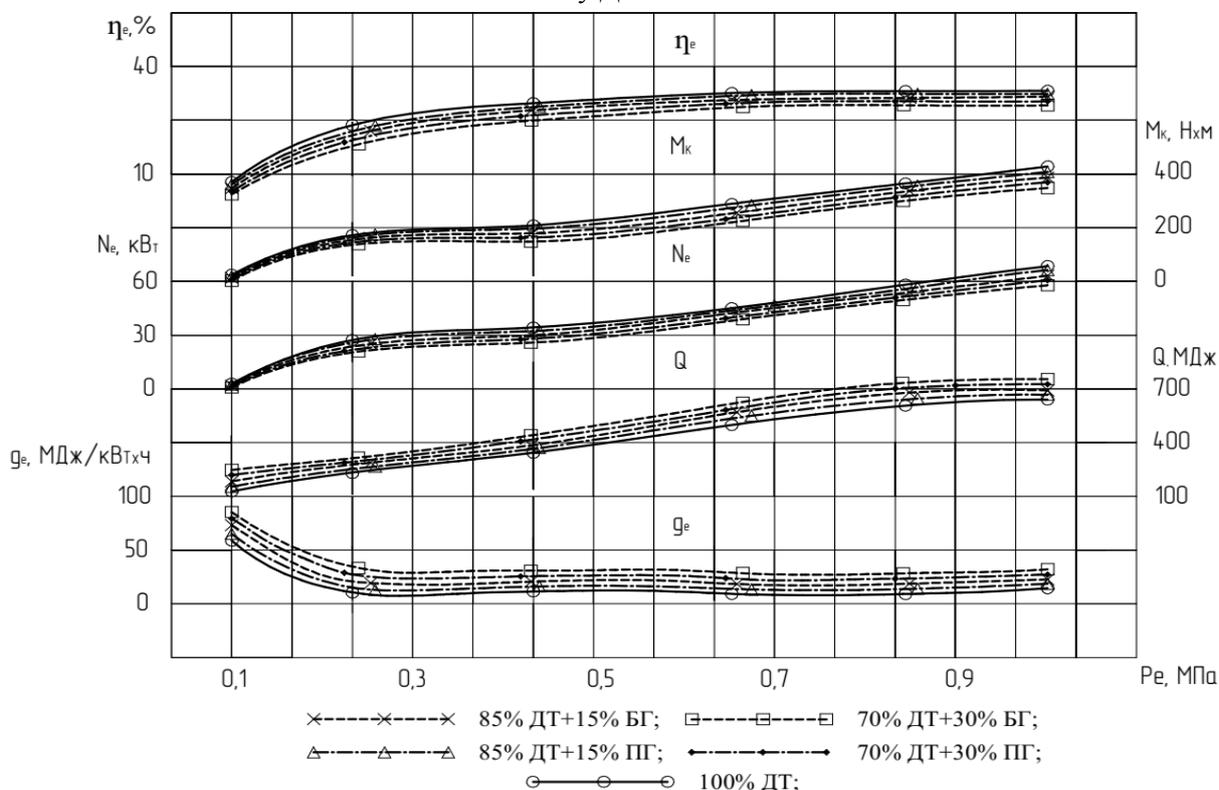


Рис. 2. Нагрузочная характеристика дизельного двигателя Д-245.5S2 при  $n=1400$  мин<sup>-1</sup>

Значение эффективной мощности составляет  $N_e=56,4$  кВт для двигателя, работающего на ДТ при нагрузке  $p_e=0,85$  МПа. При использовании смесевых составов с применением БГ исключительно при нагрузке  $p_e=0,86$  МПа и  $p_e=0,84$  МПа его значение составит  $N_e=54,7$  кВт и  $N_e=52$  кВт. Для смесей 85 % ДТ + 15 % ПГ и 70 % ДТ + 30 % ПГ при  $p_e=0,87$  МПа и  $p_e=0,83$  МПа мощность будет равна  $N_e=55,3$  кВт и  $N_e=53,5$  кВт. Эффективная мощность двигателя несущественно идет на уменьшения с частичной заменой чистого ДТ на смесевые составы с газообразным топливом. Значение крутящего момента в соответствии с графиком (рис. 2) протекает аналогично значению эффективной мощности дизельного двигателя Д-245.5S2. Весь этот рост в процентном соотношении работы двигателя на смесевых составах к работе двигателя на ДТ составляет от 4,15 % до 14,63 %.

Показатель эффективного КПД дизельного двигателя идет на снижение при его работе по газодизельному циклу. Так, с добавлением БГ его значение уменьшается на 3,17 % и 5,29 %, а с добавлением ПГ на 1,98 % и 4,37 %. Данное обстоятельство характеризуется пониженной теплотворной способностью газомоторных топлив по сравнению с чистым ДТ.

Из графика (рис. 3) видно, что содержание сажи  $C$  в ОГ изменяется в большую сторону при росте нагрузки. Двигатель работающий на ДТ и на смесевых составах с добавлением 15 % БГ и 30 % БГ в точках нагрузки  $p_e=0,85$  МПа,  $p_e=0,86$  МПа и  $p_e=0,84$  МПа сопровождается содержанием сажи в количестве 8,32 %, 7,00 % и 6,25 %. А работая на смесевых составах с добавлением 15 % ПГ и 30 % ПГ в точках нагрузки  $p_e=0,87$  МПа и  $p_e=0,83$  МПа содержание сажи  $C$  в ОГ двигателя сопровождается 6,62 % и 5,71 %. Данное уменьшение концентрации сажи  $C$  в ОГ относительно работы двигателя по газодизельному циклу к жидкостному снижается от 18,86 % до 45,7 %. Этот характерный рост можно объяснить локальным перенасыщением зон в цилиндрах дизеля, работающего исключительно по жидкостному циклу, нежели по газодизельному [8].

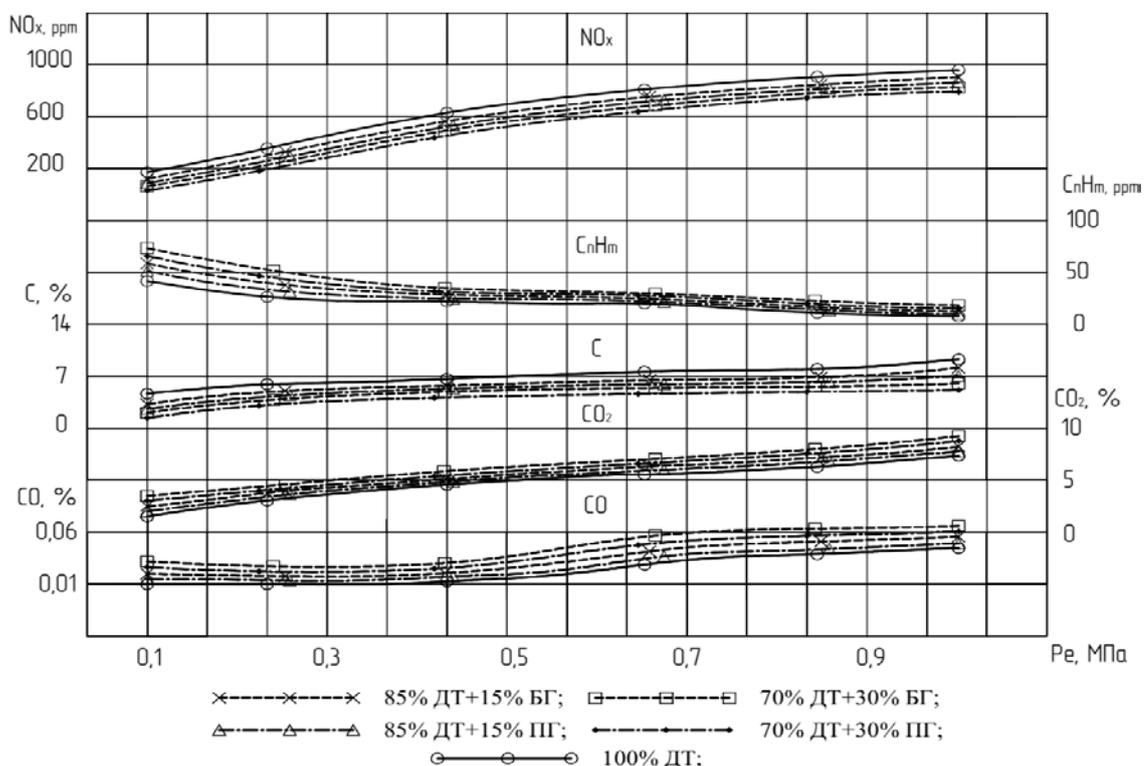


Рис. 3. Показатели дымности и токсичности дизельного двигателя Д-245.5S2 при  $n=1400 \text{ мин}^{-1}$

Содержание концентрации оксидов азота  $\text{NO}_x$  в ОГ дизельного двигателя при работе по газодизельному циклу значительно снижается по сравнению к жидкостному циклу. Данное снижение  $\text{NO}_x$  в ОГ с добавлением БГ меньше, чем на чистом ДТ на 7,65 % и 13,12 %, а с добавлением ПГ меньше на 11,4 % и 17,64 %. Уменьшение содержания оксидов азота  $\text{NO}_x$  в ОГ объясняется нахождением их эмиссии в непосредственной зависимости от количества незанятого кислорода в пламени [9].

Значение уровня диоксида углерода  $\text{CO}_2$  в ОГ дизельного двигателя во всех вышеперечисленных точках нагрузки сопровождается ростом. Данный рост выбросов  $\text{CO}_2$  при работе дизельного двигателя на смесевых составах 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ относительно его работы на ДТ составляет 7,02 % и 20,74 %. Соответственно для смесевых составов 85 % ДТ + 15 % ПГ и 70 % ДТ + 30 % ПГ этот рост составляет 3,4 % и 15,34 %.

Концентрация содержания оксидов углерода  $\text{CO}$  с ОГ несущественно растет по всему графику нагрузки. С содержанием БГ и ПГ в смесевых составах возрастает количество оксидов углерода в ОГ дизельного двигателя. Так, количество оксидов углерода  $\text{CO}$  в ОГ при работе двигателя на смесевых составах с добавлением БГ относительно работы двигателя на ДТ увеличивается на 19,15 %, и 38,71 %. А при работе двигателя на смесевых составах с добавлением ПГ эти значения возрастают на 9,52 % и 29,62 %. Данное обстоятельство можно разъяснить исходными составами газомоторных топлив, в нашем случае БГ и ПГ [12].

Количество выбросов углеводородов  $\text{C}_n\text{H}_m$  в ОГ двигателя уменьшается по всему графику роста нагрузки, но, повышая содержания БГ и ПГ в смесевых составах, относительно чистому ДТ, содержание выбросов углеводородов растет. Выбросы углеводородов, соответственно составляют 11,20 ppm при работе двигателя по жидкостному циклу и в точке нагрузки  $p_e=0,85 \text{ МПа}$ . Также выбросы углеводородов  $\text{C}_n\text{H}_m$  с ОГ при работе двигателя по газодизельному циклу с добавлением 15 % БГ и 30 % БГ в смеси составляют 13,07 ppm и 18,14 ppm в точках нагрузки  $p_e=0,86 \text{ МПа}$  и  $p_e=0,84 \text{ МПа}$ . При добавке 15 % ПГ и 30 % ПГ выбросы углеводородов составляют 12,36 ppm и 16,02 ppm при нагрузке равной  $p_e=0,87 \text{ МПа}$  и  $p_e=0,83 \text{ МПа}$ . Получается следующие, что в процентном отношении увеличение выбросов  $\text{C}_n\text{H}_m$  в ОГ в случае добавок БГ по отношению к чистому ДТ составил 14,37 % и 38,25 %, а с применением добавок ПГ этот рост составляет 9,38 % и 30,08 %. Это увеличение несгоревших углеводородов при работе двигателя на смесевых составах с применением БГ и ПГ можно объяснить количеством большого содержания трудно горящих частиц, в частности, это более относится к составу БГ.

#### Заключение

На основе анализа приведенных данных сформулируем следующие основные выводы:

1. Модернизирована экспериментальная установка и система питания дизеля, которые по своим техническим возможностям позволяют проводить моторные испытания по применению газового топлива в дизельных ДВС.

2. Эффективные показатели работы дизеля на указанных выше смесях показывают незначительное снижение мощности – на 3,10 %, 8,46 %, 1,98 %, 5,42 %, крутящего момента – на 8,36 %, 14,63 %, 4,15 %, 12,57 % и КПД – на 3,17 %, 5,29 %, 1,98 % и 4,37 %. Работа дизеля характеризуется увеличением удельного эффективного расхода теплоты смеси – на 53,69 %, 63,47 %, 34,1 %, 59,6 % и увеличением суммарно потребного количество теплоты, вводимой в цилиндры дизеля – на 4,05 %, 4,99 %, 1,76 % и 4,57 %.

3. Экологические показатели работы дизеля на указанных выше смесях характеризуются снижением выбросов с ОГ оксидов азота – на 7,65 %, 13,12 %, 11,5 %, 17,78 %, частиц сажи – на 18,86 %, 33,12 %, 25,68 %, 45,7 %, а также характеризуются несущественным увеличением выбросов с ОГ диоксида углерода – на 7,02 %, 20,74 %, 3,4 % и 15,34 %, оксидов углерода – на 19,15 %, 38,71 %, 9,52 %, 29,62 %, и углеводородов – на 14,37 %, 38,25 %, 9,38 % и 30,08 % соответственно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Имад Саад С. Б. Разработка мероприятий по повышению эффективности использования биогаза в условиях Республики Судан: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С.Б. Имад Саад. – М., 2007. – 188 л.

2. Новичков, М. Ю. Совершенствование рабочего процесса газодизеля: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / М. Ю. Новичков. – СПб., 2004. – 155 л.

3. Бганцев, В. Н. Газовый двигатель на базе четырехтактного дизеля общего назначения / В. Н. Бганцев, А. М. Левтеров, В. П. Мараховский // Техно-plus, 2003. – №10. – С. 74–75.

4. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия: ГОСТ 5542-87. – Введ. 01.07.2015. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 8 с.

5. Карташевич, А. Н. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, П. Ю. Малышкин, Г. Н. Гурков, А. В. Бучинкас // Горки: БГСХА – 2012. – С. 376.

6. Богданович, П. Ф. Природный газ или биомасса / П. Ф. Богданович // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. – Гродно: УО ГГАУ, 2004. – Т. 3. – Ч. 4. – С. 89–92.

7. Система подачи газообразного топлива в дизель: пат. 9079 Респ. Беларусь, МПК F 02M 43/00 / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин, заявитель Белорус. гос. с-х. академия. № у 20120268; заявл. 05.09.2011; опубл.: 30.04.2013. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. № 2 – С. 188.

8. Марков, В. А. Работа дизелей на нетрадиционных топливах / В. А. Марков, А. И. Гайворонский, Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко // Учебное пособие. – М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2008. – 464 с.

9. Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени. Пер. с англ. / Под ред. Ю. Ф. Дитякина. – М.: Машиностроение, 1981. – 408 с.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН ЛЬНА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЯМОТОЧНОГО ВИБРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА****В. М. ПОЗДНЯКОВ, С. А. ЗЕЛЕНКО, А. И. ЕРМАКОВ***УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь, 220023,**(Поступила в редакцию 02.07.2021)*

*В статье приводится описание разработанного прямоточного вибропневматического сепаратора, предназначенного для предпосевной подготовки семян льна. Применение вибропневматического сепаратора на этапе окончательной доработки семян льна обеспечивает сортирование семян по биологической ценности (удельному весу) и выделение семян, обладающих улучшенными посевными качествами. На основании проведённых экспериментальных исследований впервые определены оптимальные режимно-конструктивные параметры работы прямоточного вибропневматического сепаратора, обеспечивающие максимальную технологическую эффективность процесса сортирования семян льна по удельному весу: амплитуда колебания деки 2,5 мм; частота колебания деки 19,5 Гц; скорость воздушного потока 1,2 м/с; угол наклона деки 3,3 град. Эффективность применения вибропневматического сепаратора подтверждена в производственных условиях на базе ОАО «Дворецкий льнозавод» и ОАО «Кореличи-Лен». Проведение сравнительных полевых опытов показало увеличение урожайности льностресты на 30 %, повышение общего выхода льноволокна на 8,8 %, а также увеличение выхода длинного льноволокна с 5,01 % до 9,33 % по сравнению с контрольным образцом семян без обработки на прямоточном вибропневматическом сепараторе. В процессе сортирования на вибропневматическом сепараторе семена не травмируются, т.к. обработка производится в псевдоосжиженном слое, что позволяет при необходимости повторно направлять на сортирование среднюю фракцию семян льна. Технологический эффект от применения разработанного вибропневматического сепаратора на стадии окончательной очистки семян льна заключается в следующем: выделение семян с высоким потенциалом урожайности, с высокой энергией прорастания и всхожестью; выделение трудноотделимых примесей из семенных смесей, включая семена культурных растений; выделение из семенных материалов семян травмированных, пораженных насекомыми и инфицированных семян; уменьшение разнокачественности растений.*

**Ключевые слова:** *семена, вибропневматический сепаратор, сортирование, лён.*

*The article describes the developed direct-flow vibro-pneumatic separator intended for pre-sowing preparation of flax seeds. The use of a vibro-pneumatic separator at the stage of final processing of flax seeds ensures the sorting of seeds according to biological value (specific weight) and the selection of seeds with improved sowing qualities. On the basis of the conducted experimental studies, for the first time, the optimal operating and design parameters of the direct-flow vibro-pneumatic separator were determined, which ensure the maximum technological efficiency of the process of sorting flax seeds according to specific weight: the vibration amplitude of the deck is 2.5 mm; the vibration frequency of the deck is 19.5 Hz; air flow speed 1.2 m / s; deck tilt angle 3.3 degrees. The effectiveness of the use of a vibro-pneumatic separator has been confirmed in production conditions on the basis of JSC «Dvoretzky Flax Plant» and JSC «Korelichy-Len». Comparative field experiments showed an increase in the yield of flax by 30 %, an increase in the total yield of flax fiber by 8.8 %, as well as an increase in the yield of long flax fiber from 5.01 % to 9.33 % compared to a control sample of seeds without treatment on a direct-flow vibro-pneumatic separator. In the process of sorting on a vibro-pneumatic separator, the seeds are not injured, because processing is carried out in a fluidized bed, which allows you, if necessary, to re-send the middle fraction of flax seeds for sorting. The technological effect of the use of the developed vibro-pneumatic separator at the stage of final cleaning of flax seeds is as follows: the selection of seeds with a high yield potential, with high germination energy and germination; separation of intractable impurities from seed mixtures, including seeds of cultivated plants; isolation from seed materials of seeds which are injured, infected by insects and diseases; reducing the diversity of plants.*

**Key words:** *seeds, vibro-pneumatic separator, sorting, flax.*

**Введение**

Наращивание в республике мощностей перерабатывающих предприятий обусловило необходимость увеличения объемов возделывания технических сельскохозяйственных растений. Согласно Государственной программе «Аграрный бизнес» в Республике Беларусь на 2021–2025 годы, производство льноволокна в 2025 году должно составить 55 тыс. тонн, при обеспечении повышения урожайности льноволокна до 11 центнеров с гектара. Выполнение прогнозных показателей возможно только при условии строго соблюдения технологии возделывания сельскохозяйственных культур и обеспечении высокого качества используемых для посева семян. Как отмечают специалисты, при строгом выполнении всех технологических процессов и применении качественных семян, рентабельность производства льна-долгунца может достигать 70 % [1, 2].

В современных условиях эффективность технологии возделывания льна-долгунца зависит от соблюдения технологии и качества используемых для посева семян. При этом биологическую ценность семян характеризует не столько геометрические параметры, сколько их удельный вес. Семена с наибольшим удельным весом обладают высокой энергией прорастания, всхожестью и, соответственно, дают максимальный урожай. Исследования и практика показывают, что фракционный состав семян по физиологическому состоянию и биологическим качествам (энергии прорастания, всхожести, силе начального роста и другим показателям) неоднороден. Поэтому при сортировании ставится задача выделить из партии не только непригодные мелкие и шуплые семена, но и другие малоценные фракции, которые имеют по тем или иным причинам низкие посевные качества и не могут быть использованы для посева. Хорошо выполненные полноценные семена, обладающие наибольшей плотностью, имея необходимый запас всех питательных веществ для развития проростка и лучше сфор-

мированный зародыш, обеспечивают образование более мощных проростков. Это ускоряет полевою всхожесть, дает возможность получить более мощные растения, сокращает выпадение их в период вегетации. В составе семян от 60 до 70 % крахмала и протеина, наиболее тяжелых составляющих, которые обеспечивают наибольшую массу семени. Чем выше содержание протеина, тем выше энергия прорастания, а расщепленный крахмал обеспечивает питание зародыша в процессе прорастания семени.

Высев некачественными семенами приводит к значительным убыткам для сельхозпроизводителей. Наряду со снижением потенциальной урожайности в почву также попадает часть семян, которые не способны к прорастанию ввиду своей низкой биологической активности.

Отечественные сорта льна-долгунца имеют высокий потенциал урожайности и при соблюдении основных агротехнологических параметров возделывания и уборки могут обеспечивать получение тресты до 60–65 центнеров с гектара. Однако проблемой является то, что на этапе подготовки семян не проводится их сортирование по удельному весу, а лишь осуществляется обработка на ситовых сепараторах и триерах (машины типа «Петкус Гигант» К 531 А) и очистка от трудноотделимых сорняков (семяочистительная машина СОМ-300).

В зарубежных ведущих льносеющих странах Европейского союза (Франция, Бельгия, Нидерланды) сортировка семян по удельному весу на пневмосортировальных столах осуществляется в обязательном порядке и без данного этапа сертификат на семена не может быть получен.

В Республике Беларусь по нашим оценкам в настоящее время только около 15 % семян сортируют по удельному весу. В результате на значительных площадях для сева используют семена, которые имеют низкий биологический потенциал, что приводит к недобору урожая на уровне 10–15 %, а также является причиной недостаточно высокого качества льноволокна.

### Основная часть

Задача подготовки качественного посевного материала предполагает применение современных технологий послеуборочной обработки семян, базирующихся в первую очередь на оборудовании, позволяющем проводить сортировку и калибровку семян по удельному весу [3–8]. Удельный вес можно рассматривать как комплексную характеристику, суммарно отражающую такие показатели физико-химических свойств семян, как структура, химический состав, масса 1000 семян и натура [9].

Для проведения экспериментальных исследований процесса сортирования семян льна по удельному весу изготовлен экспериментальный стенд, основным элементом которого является разработанный вибропневматический сепаратор с принципиально новыми техническими решениями, обеспечивающий эффективное сортирование семян на фракции, отличающиеся между собой плотностью в пределах 10–15 % [10, 11]. Схема экспериментального стенда представлена на рис. 1.

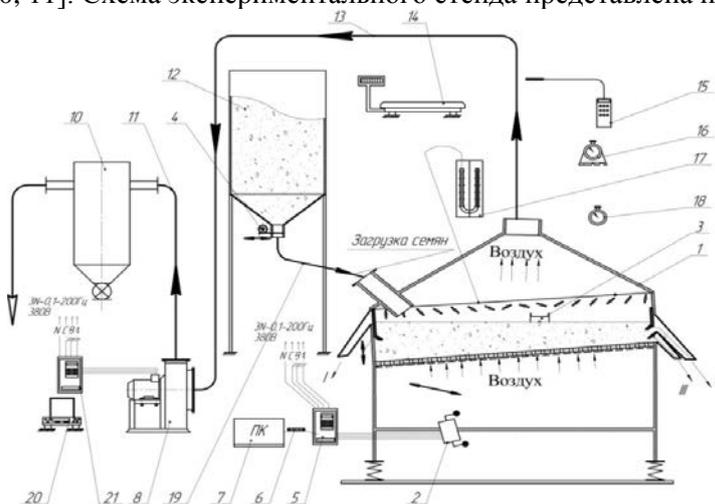


Рис. 1. Схема экспериментального стенда:

- I* – легкая фракция (легковесные и низконатурные семена); *II* – средняя фракция (основная партия семян);
- III* – плотная фракция (семена с высоким потенциалом урожайности); *1* – лабораторный вибропневматический сепаратор; *2* – электровибратор ИВ-99Б; *3* – датчик уровня семян; *4* – механизм регулировки подачи исходного продукта; *5* – частотный преобразователь PROSTAR PR 6100; *6* – преобразователь интерфейса AC4; *7* – персональный переносной компьютер ASUS X550C; *8* – вентилятор ВР 120-28; *9* – нагнетающий воздуховод; *10* – осадочная камера; *11* – воздуховод; *12* – бункер; *13* – всасывающий воздуховод; *14* – весы; *15* – анемометр ТКА-ПКМ50; *16* – угломер маятниковый ЗУРИ-М; *17* – U образный манометр; *18* – секундомер; *19* – патрубок для подачи массы семян; *20* – анализатор влажности; *21* – частотный преобразователь ВЕСПЕР Е2-8300-007Н

Проведенными исследованиями [11–13] установлено, что технологическая эффективность процесса сортирования исходной массы семян по удельному весу определяется такими показателями, как масса 1000 семян и производительность вибропневматического сепаратора.

Показатель массы 1000 семян определяется отношением:

$$m_{1000с.} = \frac{m_c \cdot 1000}{N}, \quad (1)$$

где  $m_c$  – масса целых семян в пробе, г;  $N$  – количество целых семян в пробе массой  $m_c$ , шт.

Производительность вибропневматического сепаратора определялась путём замера массы семян, поступающей на сортирование из загрузочного бункера, за фиксированный интервал времени по формуле:

$$Q = \frac{m}{t}, \quad (2)$$

где  $m$  – масса семян, поступившая из загрузочного бункера на сортирование, кг;  $t$  – время работы вибропневмосепаратора, с.

Масса 1000 семян определялась по методике, описанной в ГОСТе 12042-80 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян».

Для определения наиболее значимых факторов, влияющих на технологическую эффективность процесса сортирования семян льна по удельному весу, была проведена серия отсеивающих экспериментов, что позволило определить основные факторы, влияющие на процесс сортирования. Анализ серии отсеивающих экспериментов показал, что факторами, определяющими технологическую эффективность сортирования семян льна по удельному весу на вибропневматическом сепараторе, являются: амплитуда колебания сетчатой деки, частота колебания сетчатой деки, скорость воздушного потока в рабочей камере сепаратора и угол наклона деки к горизонту.

Для определения интервалов варьирования входных факторов была проведена серия однофакторных экспериментов. В результате обработки экспериментальных данных построены графические зависимости, представленные на рис. 2.

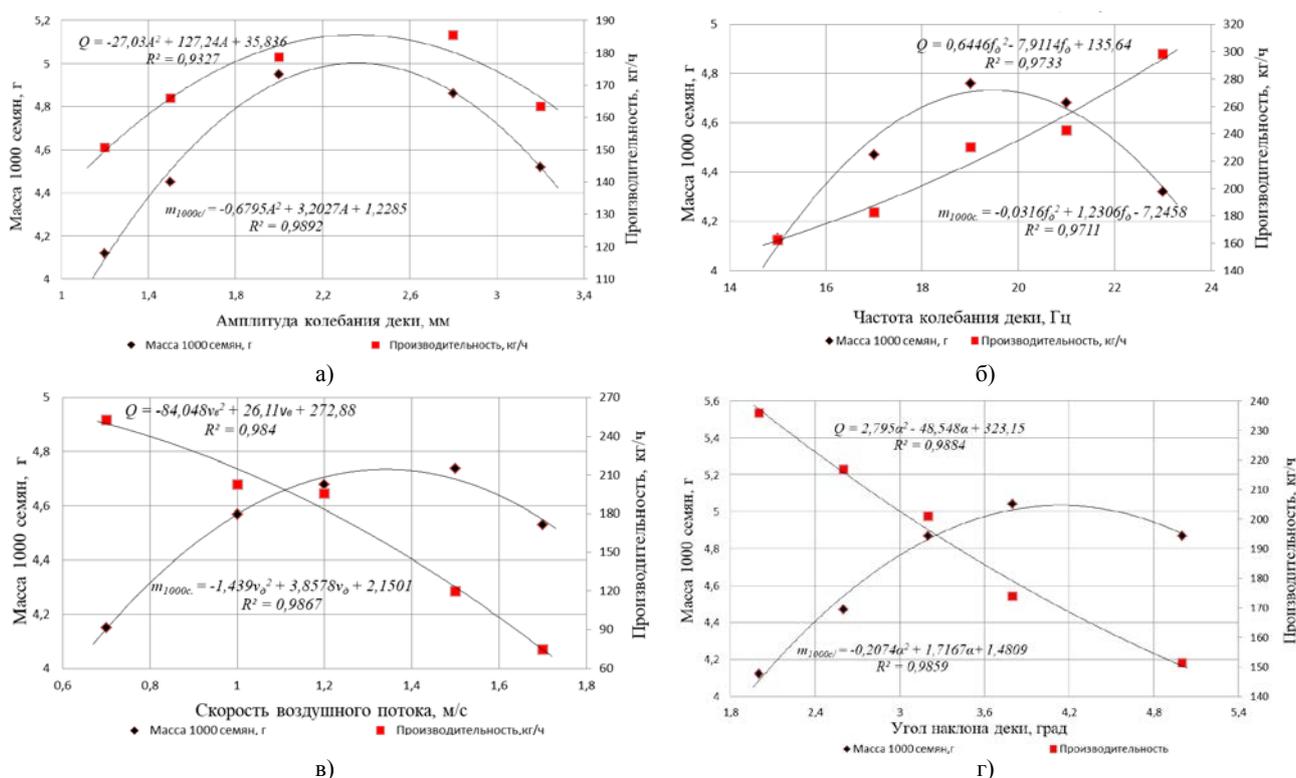


Рис. 2. Графические зависимости влияния входных параметров на технологическую эффективность: а – зависимость  $m_{1000с.}$  и  $Q$  от  $A$ ; б – зависимость  $m_{1000с.}$  и  $Q$  от  $f_0$ ; в – зависимость  $m_{1000с.}$  и  $Q$  от  $v_0$ ; г – зависимость  $m_{1000с.}$  и  $Q$  от  $\alpha$

Анализ полученных графических зависимостей, представленных на рис. 2, позволил определить интервалы варьирования входных факторов для проведения полнофакторного эксперимента: ампли-

туда колебания деки,  $A = 1,5-3$  мм; частота колебания деки,  $f_0 = 17-22$  Гц; скорость воздушного потока,  $v_0 = 0,9-1,5$  м/с; угол наклона сетчатой деки,  $\alpha = 2-5^\circ$ .

Для определения оптимальных параметров работы разработанного сепаратора при сортировании семян льна по удельному весу был проведён полнофакторный эксперимент по плану Бокса-Уилсона типа  $2^4$  со звездными точками  $\alpha = \pm 2$  и двукратным повторением центральной точки. В результате планирования было проведено 26 опытов, которые проводились с тройной повторностью.

На основании детального анализа экспериментальных данных, с помощью пакета статистических инструментов программ STATISTICA и STATGRAPHICS Centurion получены уравнения регрессии (3, 4), позволяющие определять производительность и значение показателя массы 1000 семян разработанного вибропневматического сепаратора при изменении режимно-конструктивных параметров работы в диапазоне варьирования факторов:

– для показателя массы 1000 семян:

$$m_{1000c} = -3,265 + 0,476 \cdot \alpha + 0,788 \cdot A + 0,556 \cdot f_0 + 1,525 \cdot v_0 - 0,032 \cdot \alpha^2 - 0,0071 \cdot \alpha \cdot f_0 - 0,074 \cdot \alpha \cdot v_0 - 0,157 \cdot A^2 - 0,014 \cdot f_0^2 - 0,494 \cdot v_0^2 \quad (3)$$

– для производительности:

$$Q = -2002,9 + 111,927 \cdot \alpha + 318,076 \cdot A + 146,931 \cdot f_0 + 459,744 \cdot v_0 - 6,937 \cdot \alpha^2 + 8,078 \cdot \alpha \cdot A - 3,77 \cdot \alpha \cdot f_0 - 25,139 \cdot \alpha \cdot v_0 - 48,682 \cdot A^2 - 5,593 \cdot A \cdot f_0 - 1,965 \cdot f_0^2 - 22,15 \cdot f_0 \cdot v_0 - 67,176 \cdot v_0^2 \quad (4)$$

С помощью регрессионных моделей (3), (4) можно сделать прогноз о выходных параметрах прямооточного вибропневматического сепаратора в интервале варьирования факторов. Анализ адекватности полученных регрессионных моделей оценивали по критерию Фишера ( $F$ ). Полученные уравнения адекватны экспериментальным данным, т.к.  $F_{m_{1000c}} = 0,07 < F_{табл} = 1,84$  и  $F_Q = 0,23 < F_{табл} = 1,92$ .

Определение оптимальных параметров работы вибропневматического сепаратора при обработке семян льна, обеспечивающих максимальную технологическую эффективность, осуществлялось графическим методом на основе наложения линий равного уровня. Схема графической оптимизации представлена на рис. 3.

Оптимальные параметры работы вибропневматического сепаратора, на основании графического метода проведения оптимизации, обеспечивающие максимальный показатель массы 1000 семян и наибольшую производительность процесса сортирования семян льна по удельному весу, представлены в таблице.

Данные оптимальные параметры апробированы на лабораторном вибропневматическом сепараторе по производительности. В результате работы сепаратора получены показатель массы 1000 семян  $m_{1000c} = 4,64$  и производительность  $Q = 322$  кг/ч или удельная производительность  $Q_{уд} = 17,9$  кг/ч·см.

#### Оптимальные параметры сортирования семян льна по удельному весу

Параметры	Амплитуда колебания деки, мм	Частота колебания деки, Гц	Скорость воздушного потока, м/с	Угол наклона деки, град.
Значение входных факторов	2,5	19,5	1,2	3,3

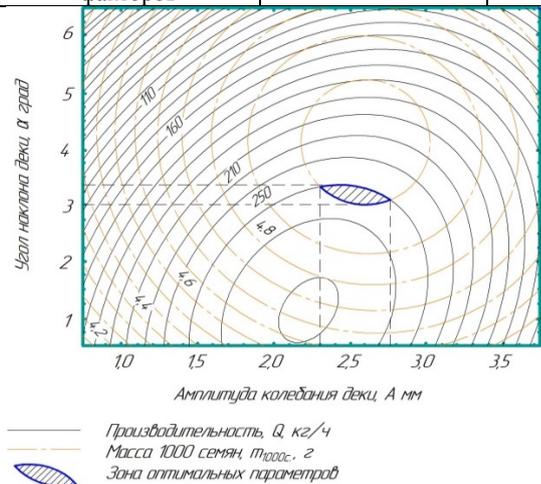


Рис. 3. Схема графической оптимизации процесса сортирования семян по удельному весу

На базе участка «Лида» ОАО «Кореличи-Лен» проведена производственная апробация способа предпосевной подготовки семян льна с использованием прямооточного вибропневматического сепаратора. По результатам полевых опытов (сорт «Левит-1») получены следующие результаты: увеличение урожайности льна с 30 ц/га до 39 ц/га, повышение общего выхода льноволокна с 23,51 % до 25,58 %, увеличение выхода длинного льноволокна с 5,01 % до 9,33 % по сравнению с контрольным образцом семян без обработки на прямооточном вибропневматическом сепараторе. Расчетный экономический эффект от внедрения разработки составил 696,1 (шестьсот девяносто шесть руб. десять коп.) на 1 га посевной площади льна. Таким образом, окупаемость внедрения в линию подго-



Рис. 4. Общий вид прямоточного вибропневматического сепаратора

товки семян разработанного вибропневматического сепаратора составляет около года.

Производственная апробация с применением разработанного вибропневматического сепаратора на этапе предпосевной подготовки семян льна (сорт «Сюзанна») проводилась также в условиях ОАО «Дворецкий льнозавод». На рис. 4 представлен общий вид промышленного прямоточного вибропневматического сепаратора, изготовленного в рамках НИР ХД от 21.01.2019 г. «Разработка и изготовление прямоточного вибропневматического сепаратора для предпосевной подготовки семян в условиях ОАО «Дворецкий льнозавод».

По состоянию на 01.04.2021 г. фактическая наработка прямоточного вибропневматического сепаратора ПВС-500 составила 303 т. (2020 г. – 40 т., 2021–263 т), что подтверждается актом о фактической наработке №1 от 01.04.2021 г.

В процессе сортирования на вибропневматическом сепараторе семена не травмируются, т.к. обработка производится в псевдооживленном слое, что позволяет при необходимости повторно направлять на сортирование среднюю фракцию семян льна.

Технологический эффект от применения разработанного вибропневматического сепаратора на стадии окончательной очистки семян льна заключается в следующем: выделение семян с высоким потенциалом урожайности, с высокой энергией прорастания и всхожестью; выделение трудноотделимых примесей из семенных смесей, включая семена культурных растений; выделение из семенных материалов семян травмированных, пораженных насекомыми и инфицированных семян; уменьшение разнокачественности растений.

По сравнению с существующими машинами для сортирования зерна и семян по удельному весу (пневмосортировальными столами), разработанный прямоточный вибропневматический сепаратор обладает рядом преимуществ: простота конструкции и настройки за счёт использования деки с продольным углом наклона; возможность настройки оптимальных режимно-конструктивных параметров работы под различные культуры; низкая стоимость по сравнению с аналогами и простота обслуживания.

#### **Заключение**

На основании проведённых теоретических и экспериментальных исследований разработан инновационный прямоточный вибропневматический сепаратор, который позволяет значительно повысить качество семян льна за счёт их сортирования по удельному весу в псевдооживленном слое.

Впервые для семян льна определены оптимальные параметры работы разработанного вибропневматического сепаратора, обеспечивающие максимальную технологическую эффективность процесса сортирования семян по удельному весу: амплитуда колебания деки 2,5 мм; частота колебания деки 19,5 Гц; скорость воздушного потока 1,2 м/с; угол наклона деки 3,3 град.

Проведённые производственные испытания доказали высокую эффективность сортирования семян льна на разработанном вибропневматическом сепараторе. Разработанный вибропневматический сепаратор может применяться как отдельное оборудование для окончательной доработки семян, так и в составе поточной семяочистительной линии. В процессе обработки семена не травмируются так как отсутствует механическое воздействие, что также положительно влияет на энергию прорастания и всхожесть.

#### *ЛИТЕРАТУРА.*

1. Шаршунов, В. А. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеев, М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2019. – №2. – С. 267–271.
2. Левчук, В. А. Результаты экспериментальных исследований обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки льна / В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2021. – №1. – С. 149–155.

3. Галкин, В. Д. Сепарация семян в вибропневмооживленном слое: технология, техника, использование/ В. Д. Галкин, В. А. Хандриков, А. А. Хавыев. – Пермь, 2017 – 170 с.
4. Поздняков, В. М. Перспективы развития специализированного зерноочистительного оборудования / В. М. Поздняков, А. В. Иванов, А. И. Ермаков // Вестник МГУП. – 2009. – № 2(7). – С. 85 – 90.
5. Иванов, А. В. Математическое описание процесса самосортирования компонентов зерновой смеси по плотности в вибропневмосепараторе / А. В. Иванов, А. И. Ермаков, В. М. Поздняков, В. Ю. Тыщенко, А. А. Шинкарев // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2011. – № 1(11). – С. 81 – 89.
6. Иванов, А. В. Исследование процесса расслоения компонентов зерновой смеси по плотности в вибропневмосепараторе для очистки семян от вредных трудноотделимых примесей / А. В. Иванов, А. И. Ермаков, В. М. Поздняков, А. А. Шинкарев // Вестник МГУП. – 2011. – № 2(11). – С. 84 – 91.
7. Иванов, А. В. Повышение эффективности процесса очистки семян от вредных трудноотделимых примесей за счет создания вибропневмосепаратора с оптимальными конструктивными параметрами / А. В. Иванов, А. И. Ермаков, В. М. Поздняков // Вестник МГУП. – 2011. – № 2(11). – С. 105 – 110.
8. Ермаков, А. И. Инженерный расчет вибропневматических машин для очистки семян от трудноотделимых примесей / А. И. Ермаков, А. В. Иванов, В. М. Поздняков, А. А. Шинкарев // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2012. – № 1(15). – С. 44 – 52.
9. Поздняков, В. М. Сортирование семян по биологической ценности – основа будущего урожая / В. М. Поздняков, С. А. Зеленко // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 79-і наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів. НУХТ, – Київ, 2013. – Ч. II. – С. 10–12.
10. Поздняков, В. М. Повышение эффективности подготовки семенного материала на основе совершенствования конструкции сепаратора вибропневматического принципа действия / Поздняков В. М., Зеленко С. А, Ермаков А. И. // Вестник БГСХА – 2014. – № 1. – С. 163–167.
11. Поздняков, В. М. Применение вибропневматического оборудования для предпосевной подготовки семян технических культур / В. М. Поздняков, С. А. Зеленко // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : междунар. науч.-практ. конф., Минск, 26–27 ноября 2020 г. Белорус. гос. аграр. техн. ун-т ; редкол.: Н. Г. Серебрякова [и др.]. – Минск, 2020. – 323–326.
12. Шило, И. Н. Исследование производительности вибропневматического оборудования / И. Н. Шило, В. М. Поздняков, С. А. Зеленко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2020. – Т. 26, № 6. – С. 163–172.
13. Pozdniakov, V. M. Improving the quality of seeds through the use of vibropneumatic separation / V. M. Pozdniakov, S. A. Zelenko // Actual theoretic – practical problems and their solutions in the agricultural science : proceedings of the international conference dedicated to the 90<sup>th</sup> anniversary of the establishment of Tashkent state agrarian university, Tashkent, 14–15 December, 2020 y. – Tashkent, Uzbekistan, 2020. – P. 716–720.

## ИНКРУСТИРОВАНИЕ СЕМЯН РАПСА МИНЕРАЛЬНЫМ СОСТАВОМ НА ОСНОВЕ ТРЕПЕЛА С ДОБАВЛЕНИЕМ БОРА

Д. А. МИХЕЕВ, В. Н. ИСАЧЕНКО

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 231407

(Поступила в редакцию 02.07.2021)

*Технология создания искусственных оболочек на поверхности семян (инкрустирование и дражирование) имеет большой потенциал в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Недостаток микро- и макроэлементов в почве можно компенсировать искусственным их нанесением на поверхность семян. Наиболее актуальна такая обработка для семян, имеющих небольшую норму высева, таких как рапс, свекла и др. Учитывая то, что возделывание рапса в нашей стране имеет стратегическое значение и у нас есть собственные семена, мы можем смело сказать, что инкрустация рапса является приоритетным направлением для сельского хозяйства Республики Беларусь.*

*В настоящее время в нашей стране нет промышленного производства инкрустированных семян рапса. С искусственной оболочкой высеваются только импортные семена. Однако в УО БГСХА (г. Горки) регулярно проводятся экспериментальные исследования на разработанном дражирователе семян, позволяющем создавать искусственные оболочки как на семенах рапса, так и других культур.*

*В статье представлены результаты полевых опытов инкрустированных семян рапса семян отечественного сорта «Топаз», полученных на разработанном дражирователе. Исследования проводились в 2019–2020 году. Для создания искусственной оболочки на семенах рапса был выбран сухой наполнитель, состоящий из трепела фракции 0–0,2 мм. В качестве связующего жидкого компонента использовался раствор, состоящий из воды и натрий карбоксиметилцеллюлозы, в который добавлялась борная кислота.*

*По результатам полевых опытов проводилась оценка посевных качеств инкрустированных семян и необработанных.*

**Ключевые слова:** рапс, инкрустированные семена, дражирователь семян, искусственная оболочка семян, трепел.

*The technology of creating artificial shells on the surface of seeds (encrusting and pelleting) has great potential in increasing the productivity of agricultural crops. The lack of micro- and macroelements in the soil can be compensated for by artificially applying them to the surface of the seeds. Such treatment is most relevant for seeds with a small seeding rate, such as rapeseed, beets, etc. Considering that the cultivation of rapeseed in our country is of strategic importance and we have our own seeds, we can safely say that rapeseed encrustation is a priority for agriculture of the Republic of Belarus.*

*Currently, there is no industrial production of inlaid rapeseed in our country. Only imported seeds are sown with artificial casing. However, in the education establishment 'Belarusian State Agricultural Academy' (Gorki), experimental studies are regularly carried out on the developed seed pelletizer, which makes it possible to create artificial casings on seeds of both rape and other crops.*

*The article presents results of field experiments with incruusted rapeseed seeds of the domestic variety «Topaz» obtained on the developed pelletizer. The studies were carried out in 2019–2020. To create an artificial casing on rape seeds, a dry filler was chosen, consisting of kizelgur with a fraction of 0–0.2 mm. As a binder liquid component, we used a solution consisting of water and sodium carboxymethyl cellulose, to which boric acid was added.*

*Based on the results of field experiments, the sowing qualities of inlaid and untreated seeds were assessed.*

**Key words:** rapeseed, inlaid seeds, seed granulator, artificial seed cover, kizelgur.

### Введение

Использование для посева качественных семян является основой для получения высокого урожая хорошего качества. Качество семян складывается из генетических особенностей и их подготовки к посеву, которая включает в себя целый комплекс процедур, таких как очистка, сортировка, скарификация, програвливание, инкрустация, дражирование, барботирование и др. Для каждой культуры этот перечень процедур выбирается индивидуально с учетом особенностей самих семян, технологии выращивания, и других условий.

На сегодняшний день такая культура, как рапс приобретает все больший интерес у сельхозпроизводителей как в западных странах, так и в нашей стране. Рапс является основной масличной культурой Республики Беларусь. Это связано с тем, что эта культура обладает большим сельскохозяйственным потенциалом, а из рапса можно получить сырье для различных нужд. При выращивании рапса можно получить 10–15 ц/га растительного масла и 3–8 ц/га высокобелкового шрота. Рапсовое масло используется на пищевые цели в качестве фритюрного и салатного масла, для изготовления маргарина, майонеза и других продуктов [1].

Кроме этого, семена рапса пользуются хорошим спросом на рынке и имеют достаточно высокую стоимость от 500 до 800 у.е. за 1 тонну, что превышает стоимость семян злаковых зерновых в 2...2,5 раза [2]. Поэтому в хозяйствах нашей страны все больше площадей отводится под рапс, и в настоящий момент она составляет уже более 300 000 га.

Белорусские сельхозпроизводители используют для посева как импортные семена рапса, так и отечественные. Импортные семена рапса поставляются к нам в инкрустированном виде, т.е. с искусственной оболочкой. Стоимость таких семян на нашем рынке составляет 80...120 у.е. за 1 посевную единицу. Это в несколько раз дороже отечественных семян без оболочки. Стоит отметить, что такая высокая стоимость формируется во многом из-за инкрустации. Конечно, если быть объективным, то в целом можно сказать, что импортные семена лучше отечественных. Они дают больший урожай. Но это не всегда связано с лучшей генетикой этих семян. Западные производители подбирают определенный состав оболочки семян, который увеличивает их жизнеспособность и повышает урожай. Этот состав держится в секрете и позволяет получить преимущества по сравнению с другими семенами на рынке.

Семена отечественных производителей реализуются на рынке в основном в необработанном виде, или только протравленные. Инкрустация и дражирование семян в промышленных объемах в нашей стране не производится. Во многом это связано с отсутствием четких рекомендаций по процедуре инкрустации, а также за неимением промышленного оборудования для создания искусственных оболочек на поверхности семян.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что разработка отечественных рекомендаций по инкрустации семян рапса является перспективной для сельского хозяйства Республики Беларусь. Создание собственных инкрустированных семян с повышенным потенциалом (за счет питательной оболочки) позволит создать конкуренцию импортным семенам на отечественном рынке, что приведет к снижению их стоимости, а также реализовать программу импортозамещения этой продукции.

Предпосевная обработка семян имеет большое значение в достижении высокого урожая любой культуры и, в частности, рапса. В нашей стране при подготовке семян рапса к посеву проводят только их очистку и протравливание. Протравливание семян защищает растения от болезней и вредителей, но может оказать и стрессовое влияние на них, которое проявится в торможении роста и развития на ранней стадии. Во избежание этого западные производители применяют протравливание совместно с инкрустацией семян, т. е. создают защитную оболочку на поверхности семян, а затем на искусственную оболочку наносят протравитель, тем самым изолируя семена от химикатов. Кроме этого, оболочка семян выступает питательной базой для развития растения на ранней стадии. В состав оболочки входят важные для роста и развития макро и микроэлементы.

Озимый и яровой рапс чувствительны к недостатку бора, меди, марганца и цинка. Недостаток этих микроэлементов вызывает нарушение углеводного и азотного обмена, синтеза белковых веществ, снижает устойчивость к воздействию высоких температур и заболеваниям [3].

Особая роль отводится такому микроэлементу, как бор, он участвует в образовании и укреплении растительной ткани, улучшает продвижение ассимилянта и водный баланс. Главная роль бора в растении – образование стручков и зерен в стручках. Первый признак недостатка бора – скудность стручков на растении и малое количество зерен в стручках. Бор играет важную роль в делении клеток и синтезе белков и является необходимым элементом клеточной оболочки, при его недостатке слабо развивается корневая система. При остром недостатке этого элемента происходит отмирание точек роста корней и надземных органов, хлороз верхушечной точки роста, за которым следует ее отмирание. Особое внимание следует обратить на посевы рапса в хозяйствах, где планируется получение высоких урожаев и используются интенсивные технологии выращивания рапса. Потребности в элементах питания при таком подходе резко возрастают, а экономия на наиболее важном для рапса микроэлементе может оказаться губительной для растений.

Кроме бора, для развития рапса необходимы и другие микроэлементы, такие, например, как цинк и медь. Цинк принимает участие в белковом, липоидном, углеводном, фосфорном обмене, в синтезе аскорбиновой кислоты, тиамина и ростковых веществ – ауксинов, повышает водоудерживающую силу растений. При недостатке этого элемента у растений наблюдается задержка развития, резко падает урожайность. Цинк повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды: высокой температуре, засухе, а также грибным заболеваниям. Недостаток этого элемента вызывает торможение развития растений, у них могут наблюдаться хлорозы (между жилками), пятнистости на нижних листьях, что ведет к снижению урожайности и потере качества продукции.

Медь входит в состав окислительных ферментов, которые входят в состав хлорофилла, делая его устойчивым и усиливая фотосинтез. Особенностью меди является то, что этот микроэлемент повышает устойчивость растений к грибным и бактериальным заболеваниям. Известно, что медь способ-

ствуется процессам усвоения азота, превращения его в аминокислоты в период вегетации растений. Медь также усиливает водоудерживающую и водопоглощающую способность растений, активизирует работу ферментов, повышает засухо- и жароустойчивость.

Марганец активизирует ферменты в растениях, способствует усилению синтеза белковых веществ, уменьшает содержание растворимых форм азота в растениях. Нехватка марганца приводит к неблагоприятным последствиям для рапса, таким как образование мраморности листьев (осветление тканей листьев и их отмирание), что неизбежно приводит к снижению урожайности [3].

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что использование микроэлементов при возделывании рапса очень важно. Их нехватку в почве можно компенсировать искусственным внесением. Наиболее рациональным и правильным решением является внесением недостающих микроэлементов в оболочку семян. Ведущие западные фирмы уже давно применяют технологию инкрустации семян рапса. Все импортируемые в нашу страну семена рапса находятся в инкрустированном виде.

В нашей же стране инкрустация семян рапса в промышленных объемах не производится ввиду того, что у нас нет оборудования и собственной технологии. Конечно, можно это все купить у западных партнеров, однако с учетом стоимости импортного оборудования (40 000 евро и более за 1 единицу дражирователя, инкрустатора) + стоимость технологии, получается значительная сумма, которая не оправдана высокая для большинства хозяйств республики [4, 5].

В УО БГСХА (г. Горки Республика Беларусь) был разработан отечественный экспериментальный дражирователь семян, позволяющий использовать способ постепенного наслаивания оболочки с высокой эффективностью [6, 7, 8]. На нем проводятся экспериментальные исследования по инкрустации семян рапса.

#### Основная часть

Нами предлагается экспериментальный метод определения посевных свойств инкрустированных семян ярового рапса минеральным составом с добавлением бора.

Место закладки – опыты проводились на ГСХУ «Горецкая СС». Культура – рапс яровой сорта «Топаз». Количество вариантов – 3 шт. Количество повторений – 4. Размер делянки: 1,8\*10 м. Общая площадь делянки – 17 м<sup>2</sup>. Учетная площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>.

В УО БГСХА в 2019–2020 году проводились экспериментальные исследования по инкрустации минеральным составом на основе трепла брянского месторождения семян ярового рапса сорта «Топаз» и оценке их посевных свойств. Перед тем как проводить инкрустацию семян была проведена оценка химического состава минерального компонента, наносимого на семена.

Для экспериментов был выбран трепел брянского месторождения фракции 0...0,2 мм. Его химический анализ был проведен в аккредитованной химико-экологической лаборатории г. Горки. Результаты химического анализа представлены в табл. 1.

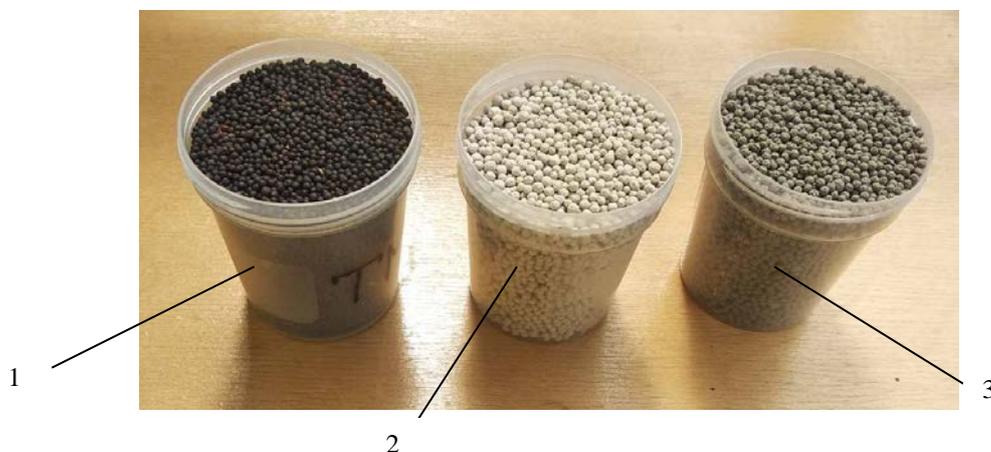
Таблица 1. Химический состав трепла Брянского месторождения

Наименование признака	Установленное значение признака
Сухое вещество, %	96,74
Кислотность	3,67
N, %	0,07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	926,3
K <sub>2</sub> O, мг/кг	744,0
Cu, мг/кг	5,0
Mn, мг/кг	11,3
Zn, мг/кг	5,5

Оценив химический состав, наносимый на семена, выяснилось, что в нем содержатся важные для роста и развития рапса микроэлементы, кроме одного, из самого важного элемента – бора. Поэтому было принято решение добавить бор (борную кислоту) в жидкий (связующий) компонент оболочки. Его количество на обрабатываемую порцию семян составило 50–60 миллиграмм на 1 кг семян.

Для формирования оболочки семян из трепла необходимо использовать связующий жидкий компонент, обладающий высокой адгезионной (прилипающей) способностью. В качестве такого компонента был выбран раствор, состоящий из воды и натрий карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ). В один образец инкрустированных семян был добавлен препарат – оксидат торфа, для оценки его эффективности при инкрустации семян рапса. Оксидат торфа в этом образце составлял 20 % от всего объема жидкого раствора связующего действия.

Инкрустирование семян рапса проводилось в экспериментальном дражираторе семян разработанном в УО БГСХА (г. Горки). Очищенные семена погружались в камеру смешивания, где с помощью дискового распылителя на них наносился жидкий раствор, после этого добавлялся сухой трепел. После формирования одного слоя оболочки циклы подачи жидкого раствора и сухого трепла повторялись еще несколько раз, до формирования оболочки с толщиной 0,3...0,5 мм. При этом эквивалентный диаметр семян в среднем увеличивался в 2 раза (рис. 1.).



1 – необработанные семена; 2 – инкрустированные семена с добавлением бора;  
3 – инкрустированные семена с добавлением бора и оксидата торфа

Рис. 1. Семена ярового рапса

Полученные инкрустированные семена ярового рапса были высеяны в 2019 и 2020 году на опытных полях ГСХУ «Горецкая сортоиспытательная станция». Количество повторений опыта было 3. Сев семян производился сеялкой с междурядьями 15 см. Глубина заделки семян 2 см. Плотность посевов составляла 80 семян на 1 м<sup>2</sup>. На протяжении всего периода вегетации проводилась борьба с сорняками и вредителями.

Во время полевых обследований так же проводится визуальная оценка пораженности растений различными болезнями и вредителями. Оценка проводится по 9-балльной шкале, где 1 – нет поражения, 9 – гибель растения. Для достоверности результатов опыт проводился в 4-кратной повторности.

Усредненные результаты полевых опытов представлены в табл. № 2.

В табл. 2 полевых опытов: вариант 1 – семена без обработки; 2 – инкрустированные семена с добавлением бора, 3 – инкрустированные семена с добавлением бора и оксидата торфа.

Таблица 2. Полевые опыты семян ярового рапса 2019–2020 гг.

Вариант	Посев, дата	Всходы, дата	Густота, шт/м <sup>2</sup>	Начало цветения, дата	Конец цветения, дата	Высота растений, см	Полетание, балл	Созревание, дата	Урожайность при 12% влажности, ц/га	Влажность уборочная, %	Масса 1000 семян	Поражение болезнями	Поражение вредителями
Опыты 2019 года													
1	18.04.2019	25.04	76	09.06	03.07	110	1	20.08	23,1	11,7	4,8	1	1
2	18.04.2019	26.04	74	10.06	05.07	112	1	21.08	24,8	11,5	4,9	1	1
3	18.04.2019	26.04	72	10.06	05.07	111	1	21.08	25,1	11,6	4,9	1	1
Опыты 2020 года													
1	17.04.2020	26.04	75	11.06	05.07	115	1	23.08	27,3	12,8	4,6	1	1
2	17.04.2020	27.04	75	11.09	09.07	116	1	22.08	29,6	12,4	5,0	1	1
3	17.04.2020	27.04	75	10.06	07.07	116	1	23.08	29,5	12,7	5,2	1	1

По результатам проведенных экспериментальных исследований можно сделать вывод, что в 2019 году средняя урожайность рапса из инкрустированных семян была выше на 7,3...8,6 %, в 2020 году на 8,0...8,4 %. При этом на отдельных делянках в 2020 году максимальная урожайность инкрустированных семян ярового рапса достигала 30 ц/га.

На рис. 2 представлено сравнение двух делянок с инкрустированными семенами и необработанными. Невооруженным глазом можно заметить, что цветение рапса из инкрустированных семян происходит более интенсивно, что приводит к завязыванию большего количества стручков, что в свою очередь ведет к повышению урожайности.



1 – необработанные семена; 2 – инкрустированные семена.  
Рис. 2. Полевые опыты семян ярового рапса сорта «Топаз»

Добавление оксидата торфа в жидкий раствор связующего действия в пропорции 1/5 не оказало значительного влияния на урожайность рапса относительно инкрустированных семян с добавлением бора.

#### **Заключение**

Предпосевная обработка семян методом создания искусственной оболочки на их поверхности (инкрустирование, дражирование) имеет большой потенциал для увеличения урожайности такой культуры, как рапс. Нехватку микроэлементов в почве, для полноценного развития растения, можно компенсировать искусственным их добавлением в состав оболочки семян. Экспериментальные исследования 2019–2020 гг., проводимые в УО БГСХА по инкрустации семян ярового рапса трепелом брянского месторождения с добавлением бора, доказывают эффективность этого способа предпосевной обработки. Урожайность ярового сорта «Топаз» оказалась выше в среднем на 8 % по сравнению с необработанными семенами. Кроме этого, увеличенный размер семян (в 2 раза) в перспективе позволит применять технологию точного высева для семян рапса.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Вильдфлуш, И. Р. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2016. – 383 с.
2. График цен на рапс [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: [https://www.economicdata.ru/additional.php?menu=spot-price&ad\\_ticker=CanolaPrice&additional\\_show=details](https://www.economicdata.ru/additional.php?menu=spot-price&ad_ticker=CanolaPrice&additional_show=details) – Дата доступа: 11.03.2021.
3. Инкрустация семян ярового и озимого рапса [Электронный ресурс] [http://www.seibit.by/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=12:inkrustaciya-semyan-yarovogo-i-ozimogo-rapsa-mikroudobreniem-helkom-p4&Itemid=120](http://www.seibit.by/index.php?option=com_k2&view=item&id=12:inkrustaciya-semyan-yarovogo-i-ozimogo-rapsa-mikroudobreniem-helkom-p4&Itemid=120)
4. Протравливатели семян РЕТКУС СТ 50 [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: [https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery\\_dc96071c-efc4-4bab-9fea-2be2836caffc](https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_dc96071c-efc4-4bab-9fea-2be2836caffc) – Дата доступа: 10.04.2021.
5. Центрические напылительные машины – Cimbria [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.cimbria.com/products/seed-processing/centricoater> – Дата доступа: 10.04.2021.
6. Петровец, В. Р. Эффективность дражирования семян сахарной свеклы в центробежном дражираторе / В. Р. Петровец, Д. А. Михеев, В. П. Гнилозуб // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2020. Т. 58. № 3. – С. 364-372.
7. Михеев, Д. А. Дражирование семян сахарной свеклы центробежным дражиратором с лопастным отражателем: монография / Д. А. Михеев, под ред. Д. А. Михеева. – Горки. 2017. – 180 с.
8. Петровец, В. Р. Результаты полевых исследований дражированных семян гречихи органическими удобрениями на основе гуминовых кислот с обоснованием конструктивно-технологических параметров центробежного дражиратора с лопастным отражателем / В. Р. Петровец, Д. А. Михеев // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2018. – Т. 56. – № 3. – С. 357–365.

## КОМБИНИРОВАННЫЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕ-ПОСЕВНОЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ И ДРУГИХ КУЛЬТУР

**Н. Д. ЛЕПЕШКИН, В. В. МИЖУРИН, Д. В. ЗАЯЦ**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь, 220049, e-mail: mehposev@mail.ru*

**А. И. ФИЛИППОВ**

*УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь, e-mail: kafmehan@mail.ru*

**К. Л. ПУЗЕВИЧ**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: baa\_mgishp@mail.ru*

*(Поступила в редакцию 09.07.2021)*

*Цель механической обработки – подготовить почву к посеву и посадке сельскохозяйственных культур. Качество обработки почвы напрямую влияет на появление всходов. При неравномерной глубине хода рабочих органов ниже посевного горизонта возникают зоны, в которых нарушается подъем капиллярных почвенных вод, что препятствует прорастанию семян. Необходимо добиваться такой обработки, при которой через размельченный верхний слой к семенам проникает воздух и тепло, а через уплотненный нижний слой – влага. В статье приводится назначение, устройство, техническая характеристика и результаты испытаний агрегата почвообрабатывающе-посевого АПП-9, предназначенного для предпосевной обработки почвы и рядового сева зерновых, среднесеменных зернобобовых и других, аналогичных им по размерам, норме высева и глубине заделки семян, культур с одновременным внесением гранулированных минеральных удобрений. Почвообрабатывающе-посевной агрегат шириной захвата 9 метров позволяет производить за один проход предпосевную подготовку почвы и посев зерновых и других культур с одновременным внесением минеральных удобрений. При этом конструктивное исполнение агрегата дает возможность использовать его почвообрабатывающую часть как самостоятельное орудие, а также в перспективе при замене сошников использовать агрегат не только для рядового посева зерновых культур, но и для точного посева пропашных. Применение агрегата в комплекте с дисковыми почвообрабатывающими рабочими органами на посевах зерновых культур обеспечивает требуемое агротехническое качество обработки почвы и посева, позволяет в сравнении с импортным аналогом получить значительный экономический эффект. Приемочные испытания агрегата при первичной технической экспертизе и лабораторно-стендовых испытаниях проводились в ГУ «Белорусская МИС» А при функциональной и эксплуатационно-технологической, оценке на надежность – в ОАО «Тимирязевский» Копыльского района.*

**Ключевые слова:** *агрегат, секции, пневмосистема, дозатор, посев, семена, минеральные удобрения, технологический процесс, сельскохозяйственные культуры.*

*The purpose of mechanical processing is to prepare the soil for sowing and planting crops. The quality of soil cultivation directly affects the emergence of seedlings. With an uneven depth of travel of the working bodies below the sowing horizon, zones arise in which the rise of capillary soil water is disturbed, which prevents the germination of seeds. It is necessary to achieve such a treatment in which air and heat penetrate through the crushed upper layer to the seeds, and moisture through the compacted lower layer. The article provides the purpose, device, technical characteristics and test results of the soil-cultivating-sowing unit APP-9, designed for pre-sowing soil cultivation and row sowing of cereals, medium-seeded legumes and others similar to them in size, seeding rate and depth of seeding, crops with simultaneous introduction of granular mineral fertilizers. The soil cultivating and sowing unit with a coverage of 9 meters allows for one pass pre-sowing soil preparation and sowing of grain and other crops with the simultaneous introduction of mineral fertilizers. At the same time, the design of the unit makes it possible to use its tillage part as an independent tool, as well as, in the future, when replacing the openers, use the unit not only for row sowing of grain crops, but also for precise sowing of row crops. The use of the unit complete with disc tillage working bodies for sowing grain crops provides the required agrotechnical quality of soil cultivation and sowing, allows, in comparison with the imported analogue, to obtain a significant economic effect. Acceptance tests of the unit during the initial technical examination and laboratory-bench tests were carried out at the State Institution «Belarusian Machine Testing Station». During the functional and operational-technological examination, reliability assessment was carried out at JSC «Timiryazevsky» of the Kopyl region.*

**Key words:** *unit, sections, pneumatic system, dispenser, sowing, seeds, mineral fertilizers, technological process, agricultural crops.*

### **Введение**

Во всем мире совершенствование технологий обработки почвы и посева идет в основном в двух направлениях, первое – это совмещение технологических операций, путем создания и применения высокопроизводительных комбинированных машин, второе – применение минимальной обработки почвы и прямого посева.

Цель механической обработки – подготовить почву к посеву и посадке сельскохозяйственных культур. Качество обработки почвы напрямую влияет на появление всходов. При неравномерной глубине хода рабочих органов ниже посевного горизонта возникают зоны, в которых нарушается подъем капиллярных почвенных вод, что препятствует прорастанию семян. Слишком тонко обрабо-

танная почва приводит к залипанию поверхности, при этом недостаточен газообмен и всходы недружные.

Необходимо добиваться такой обработки, при которой через размельченный верхний слой к семенам проникает воздух и тепло, а через уплотненный нижний слой – влага.

Результаты проведенных теоретических исследований показывают, что не все применяемые машины для предпосевной обработки почвы удовлетворяют агротехническим требованиям по выравниванию, выравниванию поверхности и уплотнению нижележащих слоев почвы. Операции боронования и культивации с боронованием нельзя применять в качестве последних перед посевом, использование угольчато-планчатого шлейфа удовлетворяет требованиям к выравниванию и выравниванию, поверхностной глыбистости, не удовлетворяя уплотнению нижележащих слоев почвы, каткование – наоборот.

Большинство агрегатов предназначено для рыхления почвы с целью создания наиболее благоприятных условий для развития культурных растений. Однако любой агрегат неизбежно уплотняет почву. Установлено, что трактор за три прохода уплотняет вспаханную почву до первоначального состояния. Исследования также показали, что увеличение числа операций обработки почвы ведет к ухудшению ее структуры, иссушению корнеобитаемого слоя, способствует развитию эрозии почвы и т. п. Все это приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

В связи с этим наиболее перспективным направлением в развитии механизации обработки почвы является использование комбинированных машин и агрегатов, позволяющих за один проход выполнять несколько операций, в том числе с внесением жидких минеральных удобрений и дождевых пестицидов. Сокращение числа проходов машин по полю уменьшает потери на холостые проезды, увеличивает производительность труда и снижает денежные и трудовые затраты, значительно уменьшает расход топлива на единицу выполненной работы, способствует более рациональному расходованию почвенной влаги и вносимых минеральных удобрений, что в итоге положительно отражается на увеличении урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур. Применение комбинированных агрегатов позволяет загрузить энергонасыщенные тракторы, что обычными однооперационными агрегатами не всегда представляется возможным сделать. Поэтому применение высокопроизводительных комбинированных агрегатов, совмещающих технологические операции почвообработки, посева, внесения удобрений и гербицидов, дает большой агротехнический и экономический эффект [1].

Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур сопровождаются многократным проходом по полю тракторов, сеялок, комбайнов, автомашин и другой техники. Только ходовые системы тракторов в период предпосевных обработок и сева покрывают следами от 30 до 80 % поверхности поля. Некоторые участки поля подвергаются 3–9-кратному воздействию движителей [1].

Сельское хозяйство оснащается современными сельскохозяйственными машинами и тракторами, при использовании которых иногда сильно уплотняется почва и ухудшается строение пахотного и подпахотного слоев. Степень деформации почвы при прохождении сельскохозяйственной техники зависит от типа движителя, массы машин, количества проходов по полю, свойств почвы и ее состояния. Интенсификация земледелия сопровождается использованием новых, более производительных тракторов, почвообрабатывающих орудий, уборочных машин, масса которых увеличивается. Не снижается и удельное давление на почву ходовых систем [1].

Уплотнение почвы сопровождается изменением характера порового пространства и приводит к радикальным изменениям водного, воздушного и теплового режимов. В таких условиях затруднен рост корней, ухудшается развитие растений и снижается урожайность. Обработка переуплотненных земель из-за образования глыб требует больших энергозатрат, а разрушение плужной «подошвы» – дорогостоящий и малоэффективный прием [13].

Давление на почву движителями тракторов и сельскохозяйственных машин вызывает не только снижение урожайности сельскохозяйственных культур, но и изменение микрорельефа поля – это влияет на надежность и производительность машин. Кроме того, переуплотнение почвы ведет к увеличению удельного сопротивления почвообрабатывающих орудий при последующих обработках [1].

Одним из путей сокращения уплотнения почвы ходовыми системами трактора является использование комбинированных машин и агрегатов для совмещения нескольких технологических операций. Чем больше число комбинаций технологических операций, выполняемых машиной, и чем больше ширина захвата, тем выше эффективность снижения площади уплотнения поля ходовыми системами тракторов.

Комбинированные агрегаты позволяют не только сократить уплотняющее воздействие ходовых систем на почву, но и в 1,5–2 раза сократить сроки полевых работ, снизить на 20–25 % эксплуатационные затраты [1].

Исходя из этого, а также с учетом последних достижений в области конструирования комбинированных машин для обработки почвы и посева РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработал отечественный почвообрабатывающе-посевной агрегат шириной захвата 9 метров для посева зерновых и других культур с одновременным внесением гранулированных минеральных удобрений.

#### **Основная часть**

Агрегат почвообрабатывающе-посевной АПП-9, предназначен для предпосевной обработки почвы и рядового сева зерновых, среднесемянных зернобобовых и других, аналогичных им по размерам, норме высева и глубине заделки семян, культур с одновременным внесением гранулированных минеральных удобрений (рис. 1, 2). Агрегатируется с тракторами мощностью 350–400 л.с. со сдвоенными задними колесами («БЕЛАРУС-3522» и аналогичными импортными). Агрегат работает на всех типах минеральных почв, засоренных камнями со средним размером не более 50 мм и влажностью в зоне заделки семян не более 25 % (рис. 1, 2).



Рис. 1. Агрегат почвообрабатывающе-посевной АПП-9 в работе (вид сбоку)



Рис. 2. Агрегат почвообрабатывающе-посевной АПП-9 в работе (вид сзади)

Отличительной особенностью агрегата является то, что почвообрабатывающие секции представляют собой трехметровые навесные дисковые агрегаты, которые, при необходимости, могут использоваться с тракторами меньшей мощности как самостоятельные машины или заменены на другие, например, на агрегаты с лаповыми рабочими органами. Кроме того, сошниковый брус, который крепится к раме на трехточечной навеске, также при необходимости, может быть заменен на другой, что в перспективе позволит производить не только рядовой посев, но и точный высева [2, 3, 4].

Агрегат состоит из трех почвообрабатывающих секций (центральной и двух боковых), трех сошниковых брусьев (центрального и двух боковых), рамы, двух крыльев, привода дозаторов, загортачного устройства, навески, высевающей системы, пневмосистемы, гидрооборудования, электрооборудования, рыхлителя, двух опорных колес, бункера, колесного хода, лестницы, площадки, двух маркеров, фиксатора и подножки.

Технологический процесс, выполняемый агрегатом, заключается в следующем. До выезда в поле на агрегате устанавливается норма высева семян и удобрений, производится регулировка почвообрабатывающей части на заданную глубину обработки, а также установка заданной глубины посева. Агрегат переводится из транспортного положения в рабочее посредством раскладывания боковых секций. Производится загрузка отсеков бункера семенами и удобрениями. После чего тракторист включает ВОМ трактора для запуска гидронасоса независимой гидросистемы агрегата, включающего при-

вод вентилятора высевающей системы и начинает движение агрегата по полю с одновременным переводом (опусканием) рабочих органов (секций почвообрабатывающих и бруса сошников) в рабочее положение [4, 5, 6].

Семена и удобрения из отсеков бункера поступают раздельно самотеком в приемные камеры высевающих аппаратов. Катушки высевающих аппаратов, вращающиеся от приводного колеса, подают их в пневмоматериалопроводы, соединенные с распределителями. Воздушные потоки, создаваемые вентилятором, транспортируют семена и удобрения к распределителям. Техническая характеристика представлена в таблице.

Таблица 1. Техническая характеристика агрегата АПП-9

Наименование показателя	Значение
Марка	АПП-9
Тип агрегата	полунавесной
Рабочая скорость движения, км/ч	8–12
Производительность агрегата за 1 час основного времени, га	7,2–11
Конструктивная ширина захвата, м	9±0,1
Транспортная скорость, км/ч, не более	20
Масса конструктивная, кг, не более	15 500
Вместимость бункера, л: – общая – отсека для семян – отсека для удобрений	6000±100 3600±60 2400±40
Ширина междурядий сошников, см	12,5±1
Количество сошников, шт	72
Глубина обработки почвы, см	5–12
Глубина заделки семян, см: – зерновые колосовые культуры – зернобобовые	2,0–6,0 3,0–7,0
Норма высева семян, кг/га: – пшеницы – ржи – ячменя – овса – гороха – рапса	60–300 50–300 50–300 100–275 80–350 5–30
Неравномерность высева семян между сошниками, не более: – зерновых – зернобобовых	5 6
Неустойчивость общего высева семян, %, не более: – зерновых колосовых – зернобобовых – рапса	3 5 6
Дробление семян, %, не более: – зерновых – зернобобовых – рапса	0,3 1,0 0,5
Норма высева удобрений, кг/га	50–250

Каждый распределитель удобрений равномерно делит поток на восемнадцать каналов, и, по материалопроводам меньшего диаметра, удобрения поступают к соплам, установленным над передним рядом дисков почвообрабатывающих секций, а затем в почву [7, 8, 9].

Два ряда сферических дисков почвообрабатывающих секций взрыхляют, выравнивают, измельчают растительные остатки и заделывают их и удобрения в разрыхленный слой почвы. Идущие следом катки дробят крупные комки почвы, выравнивают поверхность поля и уплотняют почву, создавая ложе для семян. Распределители семян делят поток на семьдесят два двухдисковых сошника с прикатывающим катком. Диски сошника раздвигают почву и образуют бороздку, в которую укладываются семена. Прикатывающий каток сошника заделывает семена, придавливая почву. Загортачи, идущие за сошниками, разравнивают поверхность поля, уменьшая ее гребнистость и создают верхний взрыхленный слой.

В конце гона производится перевод рабочих органов в транспортное положение (подъем) и осуществляется разворот агрегата на поворотной полосе. После завершения разворота агрегат переводится в рабочее положение и осуществляется новый рабочий ход.

Вождение трактора осуществляется по следу маркера. Движение по полю производится челночным способом. После завершения работы агрегат переводится в транспортное положение и перемещается к другому месту работы или стоянки [10, 11, 12].

Приемочные испытания агрегата при первичной технической экспертизе и лабораторно-

стендовых испытаниях проводились в ГУ «Белорусская МИС» А при функциональной и эксплуатационно-технологической, оценке на надежность – в ОАО «Тимирязевский» Копыльского района.

Расчет экономических показателей использования почвообрабатывающе-посевого агрегата АПП-9 проведен в сравнении с импортным аналогом Pronto 9 DC «Horsch» (Германия).

### **Заключение**

Почвообрабатывающе-посевной агрегат шириной захвата 9 метров позволяет производить за один проход предпосевную подготовку почвы и посев зерновых и других культур с одновременным внесением минеральных удобрений. При этом конструктивное исполнение агрегата дает возможность использовать его почвообрабатывающую часть как самостоятельное орудие, а также в перспективе при замене сошников использовать агрегат не только для рядового посева зерновых культур, но и для точного посева пропашных.

В результате расчета сравнительных экономических показателей установлен годовой приведенный экономический эффект – 44048,16 руб., годовая экономия себестоимость механизированных работ – 23316,42 руб.

Применение агрегата в комплекте с дисковыми почвообрабатывающими рабочими органами на посеве зерновых культур обеспечивает требуемое агротехническое качество обработки почвы и посева, позволяет в сравнении с импортным аналогом получить значительный экономический эффект.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Добышев, А. С. Энергосберегающие технологии и машины для возделывания сельскохозяйственных культур: монография / А. С. Добышев, Ф. Ф. Зубиков, К. Л. Пузевич. – Горки: БГСХА, 2014. – 160 с.

2. Протокол № 119 Б 1/3-2018 ИЦ приемочных испытаний агрегата почвообрабатывающе-посевого АПП-9 от 12 декабря 2018 года.

3. Концепция системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции до 2015 и на период до 2020 года: (рекомендации по применению) Национальная академия наук Беларуси [и др.]; подгот.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: НАН Беларуси, 2014. – 138 с.

4. Лепешкин, Н. Д. Специальная сеялка для прямого посева трав, промежуточных и зерновых культур / Н. Д. Лепешкин, А. А. Точицкий, П. П. Костюков, А. Л. Медведев, Н. Ф. Сологуб, Н. Н. Дягель, Г. И. Павловский // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – №3. – С. 50–55.

5. Лепешкин, Н. Д. Обзор зарубежных комбинированных агрегатов / Н. Д. Лепешкин, А. И. Филиппов, А. С. Добышев, К. Л. Пузевич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии // Материалы XX международной научно-технической конференции. – г. Минск, 2016. – С. 141–147.

6. Филиппов, А. И., Анализ устройств, обеспечивающих надёжность технологического процесса высева посевного материала, А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов. – Гродно: ГГАУ, 2019. – С. 181–192.

7. Лепешкин, Н. Д. Сошник для узкорядного посева / Н. Д. Лепешкин, А. И. Филиппов, Д. В. Заяц, В. В. Мижурин, Д. Н. Бондаренко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов. – Гродно: ГГАУ, 2018. – С. 202–204.

8. Филиппов, А. И. К выбору способа посева зерновых культур и трав / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, Э. В. Заяц, В. В. Мижурин // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции, Гродно, 31 мая, 30 марта, 20 марта 2018 г. / ГГАУ, ст. корректор Е. Н. Гайса, ответственный за выпуск В. В. Пешко. – Гродно, 2018 г. – С. 251–254.

9. Филиппов, А. И. Математическое моделирование разбрасывания твердых минеральных удобрений / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, Н. Д. Лепешкин // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сборник научных статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции, Гродно, 31 мая, 30 марта, 20 марта 2018 г. / ГГАУ, ст. корректор Е. Н. Гайса, ответственный за выпуск В. В. Пешко. – Гродно, 2018 г. – С. 251–254.

10. Филиппов, А. И. К выбору конструктивной схемы широкозахватного почвообрабатывающе-посевого агрегата для условий Республики Беларусь / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XVIII междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 27 марта, 15 мая 2015 г. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2015. – С. 114–116.

11. Филиппов, А. И. Технологии и средства механизации обработки склоновых земель, подверженных водной эрозии / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, А. А. Точицкий, Д. В. Заяц // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XVIII междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 27 марта, 15 мая 2015 г. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2015. – С. 116–119.

12. Филиппов, А. И. Новые принципы конструирования почвообрабатывающей техники / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, А. Н. Точицкий, Д. В. Заяц // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XIX междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 25 марта, 7 апреля 2016 г. / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2016. – С. 141–144.

13. Кравченко, В. И. Уплотнение почв машинами / В. И. Кравченко. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 96 с.

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ КАМНЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

**В. В. СЫСОЕВ**

*Комитет по сельскому хозяйству и продовольствия Минского облисполкома,  
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: sisoev-vv@tut.by*

*(Поступила в редакцию 15.07.2021)*

*В статье рассмотрены вопросы влияния засоренности почв камнями на проведение сельскохозяйственных работ; недобор в получении валового сбора зерновых культур, рост материальных затрат на проведение химической защиты урожая, повышенный износ рабочих органов, приводящий к частым отказам сельскохозяйственных машин. Проведен анализ конструкций камнеуборочных машин. Рассмотрены основные конструктивные особенности наиболее распространенных модификаций современных камнеуборочных машин, имеющиеся конструктивные недоработки конструкций и недостатки, влияющие на производительность сельскохозяйственных машин данной категории. Приведена классификация камнеуборочных машин по размеру извлекаемых камней, по способу уборки, по способу отделения камней от земли, по способу выгрузки, по количеству осей бункера машины. Сделаны выводы о необходимости модернизации камнеуборочных машин современных конструкций с целью адаптации для работы в условиях сельского хозяйства Республики Беларусь. Выполнен краткий обзор импортных моделей различных производителей камнеуборочных машин в целях проведения работ по созданию аналога отечественного производства. Проанализирована необходимость проведения дополнительных агротехнических мероприятий в целях подготовки необходимого агрофона для проведения работ по уборке камней на различных моделях камнеуборочных машин различных производителей. Приведены различные схемы комбинированного использования камнеуборочных машин с различными рабочими органами. Сделан анализ необходимости проведения предварительных работ для оптимальной работы различных видов камнеуборочных машин. Определена необходимость модернизации основных рабочих органов камнеуборочных машин и необходимость проведения испытаний различных видов машин с различной конструкцией рабочих органов. Приведен список используемой литературы при написании статьи.*

**Ключевые слова:** почва, камни, сельскохозяйственные машины, камнеуборочные машины, анализ конструкций.

*The article deals with the influence of soil contamination with stones on agricultural work; shortage in receiving the gross harvest of grain crops, an increase in material costs for chemical protection of the crop, increased wear of working bodies, leading to frequent failures of agricultural machines. The analysis of designs of stone-picking machines has been carried out. The main design features of the most common modifications of modern stone harvesting machines, existing design flaws and shortcomings that affect the performance of agricultural machines of this category are considered. The classification of stone harvesting machines is given by the size of the extracted stones, by the method of harvesting, by the method of separating stones from the ground, by the method of unloading, by the number of axles of the machine bunker. Conclusions are made about the need to modernize stone pickers of modern designs in order to adapt them to the work in agricultural conditions of the Republic of Belarus. A brief overview of imported models of various manufacturers of stone harvesting machines has been carried out in order to carry out work to create an analogue of domestic production. The necessity of carrying out additional agrotechnical measures in order to prepare the necessary agricultural background for carrying out work on collecting stones on various models of stone harvesting machines from different manufacturers is analyzed. Various schemes of combined use of stone harvesting machines with different working bodies are presented. An analysis is made of the need for preliminary work for the optimal operation of various types of stone harvesting machines. The need to modernize the main working bodies of stone harvesting machines and the need to test various types of machines with different designs of working bodies has been determined. The list of used literature when writing the article is given.*

**Key words:** soil, stones, agricultural machines, stone pickers, analysis of designs.

### Введение

Засоренность почв камнями является одним из важнейших факторов, препятствующих в сжатые сроки окультуриванию почв из-за невозможности использования скоростных широкозахватных сельскохозяйственных, землеройных и культуртехнических машин.

Наличие камней ведет к резко возрастающим динамическим нагрузкам на рабочие органы, что обуславливает их износ и поломки. Обусловленные этим простои техники составляют до 60 % сменного времени. Увеличение тяговых сопротивлений и возрастающие динамические нагрузки снижают производительность агрегатов на 10...39 %.

При обработке почвы, засоренной камнями, неизбежны огрехи, которые зарастают сорняками, распространяющимися по всему полю. Засоренность поля камнями объемом 10 м<sup>3</sup>/га, что составляет порядка 125 м<sup>2</sup> площади, ведет к потерям урожая зерновых около 0,2 ц/га, при объеме камней 25 м<sup>3</sup>/га площадь составляет уже 570 м<sup>2</sup>, а недобор урожая – почти 1 ц/га. К тому же на каменистых почвах снижается и эффективность химических способов борьбы с сорняками, ростки которых закрыты наружной поверхностью камня и защищены от химикатов.

В зависимости от характера засоренности почв и размерномассовых характеристик камней применяются различные способы уборки и средства механизации для их выполнения. Применительно к условиям Республики Беларусь возможными и известными способами очистки почв от камней или удаления камней в зависимости от их размеров являются следующие: очень крупные и крупные кам-

ни – захоронение, т. е. погружение на глубину, при которой камни не мешают проведению сельскохозяйственных работ, и раскалывание камней с целью облегчения их дальнейшей транспортировки и переработки; крупные и средние камни – извлечение или корчевка полускрытых и скрытых камней, погрузка в транспортные средства или перемещение к месту временного складирования или утилизации; мелкие камни – извлечение, валкование, сбор, погрузка в транспортные средства, вывоз к месту временного складирования или утилизации, измельчение камней на месте их нахождения.

Цель статьи – анализ камнеуборочных машин, выявление производственных характеристик и их анализ.

### Основная часть

В зависимости от назначения и последовательности выполнения технологических операций машины можно подразделить на группы: машины и приспособления для извлечения крупных валунов диаметром более 70 см; машины и оборудование для раскалывания камней; машины и приспособления для извлечения средних камней размером более от 30 до 70 см; машины для уборки мелких камней диаметром от 5 до 30 см; погрузочные средства; транспортные средства; средства механизации для измельчения камней на месте их размещения; оборудование для дробления камней и сортировки щебня.

Для захоронения, корчевания, раскалывания, перемещения волоком очень крупных и крупных камней зачастую применяются общестроительные (одноковшовые экскаваторы, бульдозеры, рыхлители, мелиоративные корчеватели) или специальные камнеуборочные машины.

Для уборки средних и мелких камней обычно применяются специальные камнеуборочные машины. Их можно разделить на следующие группы: машины для извлечения камней, рыхлители-вычесыватели камней, подборщики-транспортировщики камней, валкователи камней, подборщики камней из валков, валкователи-подборщики камней, машины для очистки верхнего слоя почвы с просеиванием почвы, машины для дробления камней на месте их расположения. По схеме агрегатирования они бывают навесными, полунавесными, прицепными и полуприцепными. По схеме работы бывают циклического и непрерывного действия. Привод активной части рабочего оборудования может осуществляться от ВОМ или от гидромоторов.

Отечественными и зарубежными производителями осуществляется выпуск, различных по принципу действия, камнеуборочных машин, которые могут выполнять сбор и вывоз камней, выкорчевывание камней из почвы, дробление камней и последующей их уборки.

Для уборки средних и крупных камней используют машины циклического действия, а также бульдозеры и корчеватели. Для уборки таких камней применяется камнеуборочная машина КУМ-1,25 (рис.1а) [2], которая может использоваться как на равнинной местности, так в районах горного и предгорного земледелия. При этом способе машина подбирает камни, перебрасывает их в бункер, а затем перевозит к месту выгрузки. Однако при таком способе полускрытые камни остаются неубранными, что снижает качество работы. Аналогичную машину LAR, имеющую конструктивные отличия в расположении вычесывающей гребенки, производят в Литве (рис.1б) [1]. Корчеватель камней Steinsammer NEU (рис.1в) [9], в конструкции которого имеется регулируемое прицепное устройство, на котором располагается двузубый корчеватель, сама же машина оснащается защитными ячеистыми сетками.



а – КУМ-1,25 (РФ);

б – LAR (Литва);

в – Steinsammer NEU (Германия)

Рис. 1. Камнеуборочные машины: а – Камнеуборочная машина КУМ-1,25 (РФ); б Камнеуборочная машина – LAR (Литва); в– Камнеуборочная машина Steinsammer NEU (Германия)

Аналогом данной машины является устройство Л. Н. Буркова [3] для корчевки полускрытых камней, в котором корчующий зуб расположен справа на лонжеронах трактора, а камень подби-

рается гребенкой и перемещается в бункер прицепа.

Уборка средних и мелких камней (от 12 до 70 см) камнеуборочными машинами производится как с поверхности почвы, так со слоя, глубиной до 15 см: Kivi-Pekka (рис.2а) [4], ККМ-1 (рис.2 б) [3]. Принцип действия этих машин основывается на вращении роторных механизмов, которое осуществляется в направлении, обратном тому, в котором передвигается машина. С их помощью камни перемещаются к центральной части машины, где захватываются зубцами подъемного барабана и проходят через сито в сборный бункер. Комья земли в этот момент осыпаются на землю. Ёмкость бункера варьируется в пределах 1,5–2,5 тонн, и после его наполнения, он разгружается. Поворот бункера назад при разгрузке камней осуществляется гидроцилиндром. Наличие гидросистемы позволяет оператору управлять камнеуборочной машиной прямо из кабины трактора. Рабочая ширина подборщика камней может составлять 4 м, 5 м и 6 м. Эти машины относятся к циклическому типу действия.

Уборка мелких камней размером от 5 см до 30 см в настоящее время применяется не во всех хозяйствах. Для уборки мелких камней применяются камнеуборочные машины зарубежного производства: Kivi-Pekka 4/5/6 (рис. 2а) [4], Kongskilde Stonebear 5200 (рис. 2в) [4, 6]. Работе этой группы машин должна предшествовать качественная подготовка почвы (пахота, культивация), т. к. при наличии крупных комков почвы, машины производят большой вынос почвы вместе с убираемыми камнями.



а – Kivi-Pekka 6 (Финляндия);

б – ККМ-1 ( Республика Беларусь);

в – Kongskilde STONEBEAR 5200 (Дания)

Рис. 2. Машины для уборки средних и мелких камней: а – Kivi-Pekka 6 (Финляндия); б – ККМ-1 (Республика Беларусь); в – Kongskilde STONEBEAR 5200 (Дания)

В отдельную группу следует выделить машины непрерывного действия с грабельно-роторным рабочим органом, рыхлящим грунт зубьями и забрасывающим камни ротором в бункер-накопитель (рис. 3а, б) [8]. Такого типа машины могут работать как отдельно, так и в комплексе с валкователями камней, например камнеподборщик RS320 JUMBO и валкоукладчик Schulte SRW1400 (рис. 3в, г) [5]. Валкователь производит сбор в валки мелкие и средние камни на поверхности почвы, а камнеуборочная машина убирает камни диаметром от 51 до 711 мм с поверхности почвы из валков в бункер, транспортирует их и выгружает в местах складирования или на краю поля. Недостатком валкообразующих машин (рис.3в) [5] является невозможность уборки камней, которые частично залегают в почве и находятся в углублениях микрорельефа. При этом зуб валкователя, соприкасающийся с поверхностью камня, вминает его в почву и не перемещает его в сторону формируемого валка.



а – Degelman 7200 SignatureTM \*14+ (Канада)



б - ВПК 4,5 ( Республика Беларусь)



в – Валкоукладчик Schulte SRW1400 (Канада)



г – Камнеподборщик Schulte RS320 JUMBO (Канада)

Рис. 3. Грабельно-роторные подборщики: а – Degelman 7200 SignatureTM \*14+ (Канада); б - ВПК 4,5 (Республика Беларусь); в – Валкоукладчик Schulte SRW1400 (Канада); г – Камнеподборщик Schulte RS320 JUMBO (Канада)

Однако работа машины ВПК - 4,5 (рис.3б) [10] возможна только после предварительной подготовки почвы: уборки крупных камней, уничтожения корневищ сорняков и пахоты.

Машины для уборки средних и мелких камней оснащаются в большинстве случаев накопительными бункерами объемом от 1,5 до 2,5 м<sup>3</sup> с ходовыми колесами. Для снижения уплотняющего воздействия ходовых систем камнеуборочных машин с полезным объемом кузова более 2 м<sup>3</sup> и повышенной грузоподъемностью применяется тандемный тип подвески опорных колес, снижающий поворачиваемость машины (рис. 2 а, г).

Одним из факторов, влияющих на снижение эффективности работы камнеуборочных машин с накопительным бункером, является потеря времени на разравнивание технологического материала в бункере. Необходимость разравнивания технологического материала в бункере периодически возникает из-за скопления подаваемых уборочной частью машины камней и других примесей в передней части бункера, вблизи схода вороха с решетки уборочной части машины. При этом скопившийся ворох препятствует прохождению подаваемого вороха вглубь бункера и камни скатываются вниз по уборочной части. Процесс разравнивания вороха в бункере заключается в остановке, частичном подъеме бункера и вибрационными действиями гидросистемы, производимыми оператором, смещении вороха из передней части бункера в центр и в заднюю часть [3].

Наиболее функциональной является камнеуборочная машина Grimme CS 1700 CombiStar (рис. 4) [7] предназначенная для предпосадочной подготовки почвы под картофель, которая осуществляет комплекс последовательных операции по сбору и сепарации камней в кузов, либо осуществляет их боковую выгрузку в рядом идущее транспортное средство или на поверхность почвы в валок.



Рис. 4. Сепарирующая машина Grimme CS 1700 CombiStar (Германия)



## МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

УДК 332.2

### ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ПОЧВЕННО-АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. КОЛМЫКОВ, А. Н. АВДЕЕВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: kolmykov@tut.by; koc9lk.i@gmail.com

(Поступила в редакцию 16.07.2021)

*Интенсивное развитие современных технологий в агропромышленном комплексе, рост производства сельскохозяйственной продукции связаны с повышением эффективности использования в аграрном секторе экономики производственных, земельных и других природных ресурсов, совокупность которых можно отразить через производственный и почвенно-агроклиматический потенциалы.*

*В представленной научной работе рассмотрены производственный и почвенно-агроклиматический потенциалы, раскрыты теоретические положения, приведены авторские понятия и определены составляющие каждого потенциала. Установлено, что основными составляющими производственного потенциала сельскохозяйственных организаций являются показатели, определяемые на 100 га сельскохозяйственных земель: среднегодовая численность работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, количество основных производственных средств сельскохозяйственного назначения, количество энергетических мощностей; а также показатель, учитывающий качество, технологические свойства и пространственно-территориальные условия сельскохозяйственных земель – балл кадастровой оценки сельскохозяйственных земель. При определении почвенно-агроклиматического потенциала предлагается учитывать совокупность следующих показателей: средний балл плодородия сельскохозяйственных земель, уровень интенсивности производства зерна, сумму активных температур воздуха выше 10 °С, сумму осадков за период с температурой выше 10 °С, продолжительность вегетационного периода.*

*С использованием индексного метода, состоящего в определении совокупных индексов сравнительной оценки сельскохозяйственных организаций каждого района рассчитаны производственный и почвенно-агроклиматический потенциалы и произведена их оценка по административным районам Минской области. Выполнена группировка административных районов по уровню производственного и почвенно-агроклиматического потенциалов.*

*На основе полученных результатов исследований авторами научной работы даны рекомендации, направленные на повышение эффективности использования производственных и агроклиматических ресурсов в сельскохозяйственных организациях Минской области.*

*Для оптимального использования имеющихся в сельскохозяйственных организациях потенциалов предлагается выполнять их оценку на стадии разработки схемы землеустройства административного района, включив ее в состав агроэкономическое обоснование предложений по организации использования земель сельскохозяйственных организаций.*

**Ключевые слова:** землеустройство, сельскохозяйственные организации, производственный потенциал, почвенно-агроклиматический потенциал.

*The intensive development of modern technologies in the agro-industrial complex, the growth of agricultural production are associated with an increase in the efficiency of using industrial, land and other natural resources in the agrarian sector of the economy, the totality of which can be reflected through the production and soil-agro-climatic potentials.*

*In the presented scientific work, the production and soil-agro-climatic potentials are considered, theoretical provisions are revealed, the author's concepts are given and the components of each potential are determined. It has been established that the main components of the production potential of agricultural organizations are indicators determined per 100 hectares of agricultural land: the average annual number of workers employed in agricultural production, the number of basic agricultural production assets, the number of energy capacities; as well as an indicator that takes into account the quality, technological properties and spatial and territorial conditions of agricultural lands – the score of the cadastral valuation of agricultural lands. When determining the soil-agroclimatic potential, it is proposed to take into account the following indicators: the average score of agricultural land fertility, the level of grain production intensity, the amount of active air temperatures above 10 °C, the amount of precipitation for the period with temperatures above 10 °C, the duration of the growing season.*

*Using the index method, which consists in determining the aggregate indices of the comparative assessment of agricultural organizations of each district, the production and soil-agro-climatic potentials were calculated and their assessment was made for the administrative districts of the Minsk region. The administrative districts were grouped according to the level of production and soil-agro-climatic potentials.*

*On the basis of the obtained research results, the authors of the scientific work made recommendations aimed at increasing the efficiency of the use of production and agro-climatic resources in agricultural organizations of the Minsk region.*

*For the optimal use of the potentials available in agricultural organizations, it is proposed to assess them at the stage of developing a land management scheme for the administrative region, including it in the agro-economic substantiation of proposals for organizing the use of land by agricultural organizations.*

**Key words:** *land management, agricultural organizations, production potential, soil-agro-climatic potential.*

## **Введение**

Республика Беларусь обладает весьма значительным потенциалом земельных ресурсов – 8283,9 тыс. га сельскохозяйственных земель, из которых 5660,0 тыс. га, или 68,3 % составляют пахотные земли. Вместе с тем иногда в сельскохозяйственном производстве имеет место нерациональное использование земель, что приводит к росту себестоимости сельскохозяйственной продукции и потерям в ее валовом производстве.

Руководство сельскохозяйственной организацией и принятие важных управленческих решений в сельскохозяйственном производстве на современном этапе развития технологий не представляется возможным без учета имеющихся ресурсов. Эффективное и рациональное использование имеющихся производственных ресурсов, учет почвенных и климатических условий конкретной сельскохозяйственной организации вызывает необходимость всестороннего их количественного и качественного анализа. Совокупность этих ресурсов и условий образуют производственный и почвенно-агроклиматический потенциалы. В связи с этим разработка методических подходов оценки производственного и почвенно-агроклиматического потенциалов сельскохозяйственных организаций и уровня их использования весьма актуальна.

Цель данного исследования заключается в анализе существующих научных подходов и в разработке предложений по повышению эффективности использования производственных и агроклиматических ресурсов в сельскохозяйственных организациях Минской области на основе оценки производственного и почвенно-агроклиматического потенциалов.

Начиная с 70-х годов прошлого столетия в научной литературе приводятся различные трактовки понятия «потенциал». Так, потенциал рассматривался как имеющиеся в наличии средства, запасы, источники, которые могут быть использованы для получения результата. Производственный потенциал сельскохозяйственной организации определяется как совокупность его производственных ресурсов [1].

Понятие и методика установления производственного потенциала раскрыты в научных трудах С. Муравского, Д. Эпштейна, В. Свободина, Ю. Василенко, Г. Данчука, В. Тяпкина, А. Зинченко и других.

Так, С. Муравский считает, что «потенциал – сила, способность и возможность достижения определенной цели; следовательно, производственный потенциал включает ресурсы, сам технологический процесс, а также формы организации и взаимодействия на производстве». Согласно мнению ученого, «производственный потенциал – это сложная социально-экономическая категория, включающая ресурсный потенциал (статический элемент), производственный процесс (динамический элемент) и конечный продукт, подразумевающий и уровень социально-экономической эффективности» [2].

В своих работах Д. Эпштейн отмечает, что «производственный потенциал – это не есть рациональное сочетание ресурсов, так как они, в свою очередь, могут быть по-разному использованы в процессе производства. Производственный потенциал – это возможность произвести определенный объем продукции в определенное время. Данное определение, по сути, близко к понятию производственных мощностей» [3].

По мнению В. Свободина, производственный потенциал предприятия – это «совокупность организационно и технологически сбалансированных ресурсов, отражающих содержание определенного типа агропромышленного комплекса и обладающих способностью произвести и реализовать нормативный объем продуктов питания» [4].

В. Тяпкин [5], Ю. Василенко и Г. Данчук [6, 7] в своих трудах сходятся во мнении, что «производственный потенциал – совокупность согласованных и пропорционально увязанных природных и экономических ресурсов, необходимых для производства продукции».

Наиболее точное определение понятия «производственный потенциал», по нашему мнению, отражено в работах Зинченко А. П. [8, 9], который считает, что производственный потенциал – это «...объективные возможности отрасли, предприятия по производству и реализации продукции, получению доходов. Производственный потенциал определяется комплексом факторов: наличием ресурсов; составом и качеством ресурсов, пропорциями между ними; степенью использования ресурсов, зависящей от формы организации производства, характера производственных отношений, хозяйственного механизма и природных условий».

В научной литературе на сегодняшний день нет однозначного определения почвенно-агроклиматического потенциала. Ученые-экономисты дают разные определения, либо используют близкие по значению понятия. В большинстве случаев его представляют как совокупность разнообразных естественных (природных и климатических) факторов.

П. А. Суханов приводит следующее определение агроресурсного потенциала: «Агроресурсный потенциал – это общая интегральная продуктивность в зерновых единицах сельскохозяйственных угодий (земель) с присущими им почвами, которая может быть получена в конкретных природно-климатических условиях при определенных ресурсах обеспечения и управления, а также при конкретных условиях и возможностях их реализации» [10].

Ряд исследователей используют понятие «биоклиматического потенциала территории». Так, по мнению П. И. Колоскова, «биоклиматический потенциал – комплексная величина, характеризующая общую потенциальную продуктивность земли и учитывающая влияние таких основных факторов климата, как температура, влага и свет» [11].

Д. И. Шашко считает, что «биоклиматический потенциал следует характеризовать комплексом климатических факторов, определяющих возможности сельскохозяйственного производства: набор культур, биологическая продуктивность, эффективность затрат, производственная специализация и другие» [12].

Ф. З. Батталов использует понятие «сельскохозяйственной продуктивности климата» и понимает под ним «комплекс метеорологических факторов, положительно влияющих на рост и развитие растений» [13].

Применительно к природопользованию и экологии Н. Ф. Реймерс приводит понятие природно-ресурсного потенциала как «систему природных ресурсов, условий, явлений и процессов, которая, с одной стороны, является территориальной и ресурсной базой жизнедеятельности общества, а с другой – противостоит ему как объект антропогенного воздействия» [14].

По нашему мнению, под почвенно-агроклиматическим потенциалом следует понимать сложную комплексную систему, объединяющую взаимосвязанные и взаимодействующие между собой составляющие: почвенно-земельные и агроклиматические ресурсы, эффективное использование которых в процессе сельскохозяйственного производства позволяет получить максимальный объем продукции при минимальных затратах на ее производство.

Проанализировав научные исследования в области учета и оценки производственного и почвенно-агроклиматического потенциалов, можно отметить важность развития данного направления для оптимизации сельскохозяйственного производства в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь.

#### **Основная часть**

Производственный и почвенно-агроклиматический потенциалы сельскохозяйственных организаций можно рассматривать как фактический (фактическое количество ресурсов при нормативном уровне их отдачи); необходимый (совокупность ресурсов для производства определенного объема продукции, рассчитанная по нормативам); перспективный (количество ресурсов, используемое при полной загрузке производства) [4, 10].

Оценка производственного потенциала сельскохозяйственных организаций Минской области в разрезе административных районов произведена на основе определения совокупных индексов обеспеченности ресурсами каждого района по отношению к среднеобластным условиям производства. Использование индексного метода обусловлено тем, что он позволяет сопоставить различные показатели, при этом не требует применения стоимостных нормативов, а следовательно, не зависит от волатильности рынка.

Согласно ранее выполненным научным исследованиям [16, 17] и анализу литературных источников, в состав производственного потенциала можно включить:

1. Среднегодовую численность работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, в расчете на 100 га сельскохозяйственных земель, чел.
2. Количество основных производственных средств сельскохозяйственного назначения в расчете на 100 га сельскохозяйственных земель, тыс. руб.
3. Количество энергетических мощностей в расчете на 100 га сельскохозяйственных земель, л.с.
4. Качество сельскохозяйственных земель, выражаемое общим баллом кадастровой оценки.

Расчет производственного потенциала сельскохозяйственных организаций административных районов Минской области представлен в табл. 1.

Таблица 1. Расчет производственного потенциала сельскохозяйственных организаций административных районов Минской области

№ п. п.	Административные районы	Основные слагаемые производственного потенциала				Основные слагаемые производственного потенциала в индексах к среднерайонным показателям					
		качество обрабатываемых сельскохозяйственных земель, общий балл кадастровой оценки	приходится на 100 га сельскохозяйственных земель			качество обрабатываемых сельскохозяйственных земель, балл кадастровой оценки	приходится на 100 га сельскохозяйственных земель			общий индекс сравнительной оценки	
			среднегодовая численность работников, занятых в с.-х. производстве, чел.	основных производственных средств сельскохозяйственного назначения, тыс. руб., в ценах 2020 года	энергетических мощностей, л.с.		среднегодовая численность работников, занятых в с.-х. производстве, чел.	основных производственных средств сельскохозяйственного назначения, тыс. руб., в ценах 2020 года	энергетических мощностей, л.с.	средний	средневзвешенный
1	Березинский	26,3	3,3	348,2	223,1	0,85	0,80	0,73	0,83	0,80	0,81
2	Борисовский	26,1	3,8	291,5	227,8	0,84	0,92	0,61	0,85	0,81	0,84
3	Вилейский	26,3	2,7	257,0	198,2	0,85	0,66	0,54	0,74	0,70	0,71
4	Воложинский	29,3	3,1	447,3	191,0	0,94	0,76	0,94	0,71	0,84	0,83
5	Дзержинский	34,5	5,3	914,8	518,9	1,11	1,28	1,93	1,93	1,56	1,46
6	Клецкий	39,9	6,0	448,8	354,6	1,28	1,45	0,95	1,32	1,25	1,30
7	Копыльский	39,4	3,8	352,3	240,1	1,27	0,93	0,74	0,89	0,96	1,00
8	Крупский	25,1	2,3	241,5	171,9	0,81	0,57	0,51	0,64	0,63	0,65
9	Логойский	24,4	3,2	232,6	232,8	0,78	0,77	0,49	0,87	0,73	0,75
10	Любанский	31,7	3,2	199,6	196,9	1,02	0,79	0,42	0,73	0,74	0,79
11	Минский	32,3	7,5	1 184,2	412,3	1,04	1,82	2,50	1,54	1,72	1,63
12	Молодечненский	32,3	4,5	534,5	242,4	1,04	1,09	1,13	0,90	1,04	1,04
13	Мядельский	22,2	2,5	194,9	268,6	0,71	0,62	0,41	1,00	0,69	0,69
14	Несвижский	43,1	7,0	674,7	486,7	1,39	1,71	1,42	1,81	1,58	1,59
15	Пуховичский	28,3	3,0	349,2	191,8	0,91	0,74	0,74	0,71	0,78	0,79
16	Слуцкий	37,7	4,4	434,5	301,4	1,21	1,07	0,92	1,12	1,08	1,10
17	Смолевичский	30,9	7,3	1 545,9	405,5	0,99	1,78	3,26	1,51	1,89	1,71
18	Солигорский	31,4	3,5	466,8	211,1	1,01	0,85	0,98	0,79	0,91	0,91
19	Стародорожский	26,6	3,9	323,7	208,7	0,86	0,94	0,68	0,78	0,81	0,84
20	Столбцовский	30,6	4,5	449,1	259,2	0,98	1,09	0,95	0,97	1,00	1,01
21	Узденский	30,4	4,4	496,9	283,5	0,98	1,07	1,05	1,06	1,04	1,03
22	Червенский	30,2	2,8	325,4	214,0	0,97	0,68	0,69	0,80	0,78	0,79
	Минская область	31,1	4,1	474,0	268,3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

В табл. 1 общий индекс сравнительной оценки определен как среднее арифметическое значение индексов слагаемых производственного потенциала и как средневзвешенный, при расчете которого применены весовые коэффициенты. В качестве весов использованы коэффициенты детерминации, полученные при корреляционно-регрессионном анализе влияния соответствующих факторов на выход валовой продукции сельского хозяйства в расчете на 100 га сельскохозяйственных земель. Полученные значения весов следующие: обеспеченность трудовыми ресурсами – 0,35; обеспеченность основными производственными средствами сельскохозяйственного назначения – 0,15; обеспеченность энергетическими мощностями – 0,20; качество земли – 0,3.

Анализируя показатели составляющих производственного потенциала сельскохозяйственных организаций районов Минской области, можно отметить, что наиболее значимые отличия административные районы имеют по обеспеченности основными производственными средствами сельскохозяйственного назначения, приходящимися на 100 га сельскохозяйственных земель. Коэффициент вариации индексов указанного показателя составляет 66,9 %. Районом с наименьшим количеством основных производственных средств сельскохозяйственного назначения, в расчете на 100 га сельскохозяйственных земель, является Мядельский, значение данного показателя меньше максимального по области (Смолевичский район) в 7,9 раза. В целом по Минской области оснащенность сельскохозяйственных организаций основными производственными средствами сельскохозяйственного назначения в 16 районах (Березинском, Борисовском, Вилейском, Воложинском, Клецком, Копыльском, Крупском, Логойском, Любанском, Мядельском, Пуховичском, Слуцком, Солигорском, Стародорожском, Столбцовском и Червенском) находится ниже среднеобластного уровня и в 6 районах (Дзержинском, Минском, Молодечненском, Несвижском, Смолевичском и Узденском) – превышает его.

Группировка районов Минской области по наличию производственного потенциала сельскохозяйственных организаций представлена в табл. 2, а также на рис. 1.

Таблица 2. Группировка районов Минской области по наличию производственного потенциала сельскохозяйственных организаций

Группировка районов по наличию производственного потенциала	Среднее значение общего индекса производственного потенциал	Количество районов в группе	% от всех районов в области	Название районов
Низкий уровень производственного потенциала (значение общего индекса до 0,99)	0,78	12	55	Березинский, Борисовский, Вилейский, Воложинский, Крупский, Логойский, Любанский, Мядельский, Пуховичский, Солигорский, Стародорожский, Червенский
Средний уровень производственного потенциала (значение общего индекса 1,00–1,35)	1,08	6	27	Клецкий, Копыльский, Молодечненский, Слуцкий, Столбцовский, Узденский
Высокий уровень производственного потенциала (значение общего более 1,36)	1,60	4	18	Дзержинский, Минский, Несвижский, Смолевичский

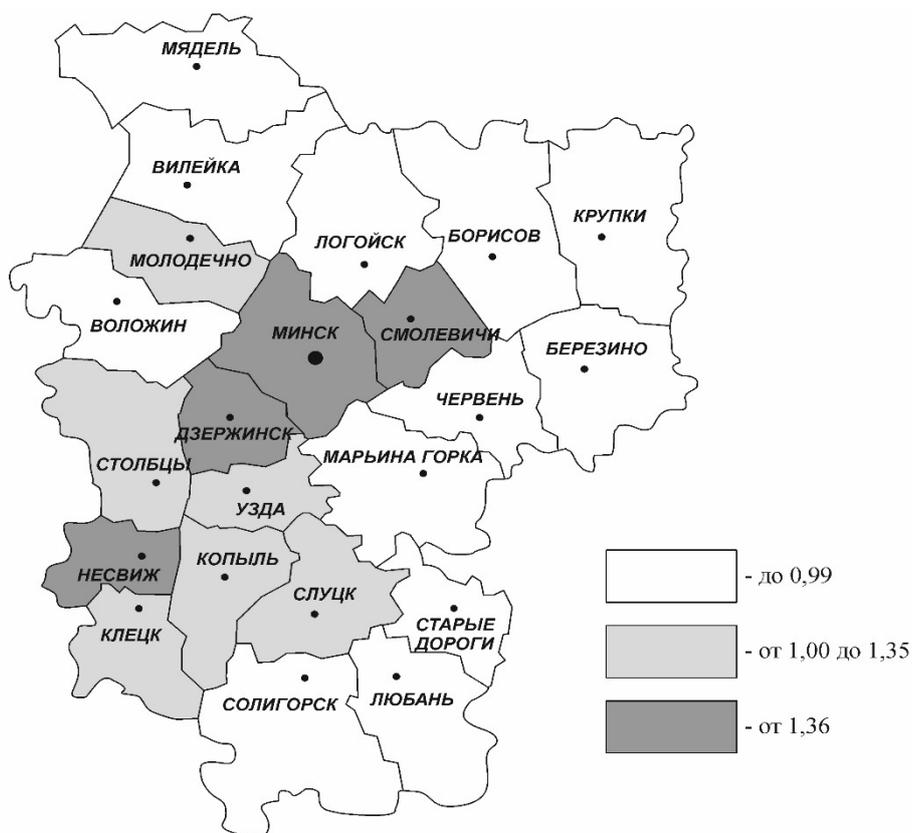


Рис. 1. Распределение административных районов Минской области по наличию производственного потенциала сельскохозяйственных организаций

Исходя из показателей наличия производственного потенциала сельскохозяйственных организаций, распределение административных районов Минской области по группам наличия производственного потенциала следующее: к первой группе районов с низким уровнем производственного потенциала относятся Березинский, Борисовский, Вилейский, Воложинский, Крупский, Логойский, Любанский, Мядельский, Пуховичский, Солигорский, Стародорожский, Червенский, ко второй – Клецкий, Копыльский, Молодечненский, Слуцкий, Столбцовский, Узденский, к третьей группе – Дзержинский, Минский, Несвижский, Смолевичский.

С учетом вышеизложенного, основываясь на дифференциации районов Минской области по уровню наличия производственного потенциала сельскохозяйственных организаций по группам, можно дать следующие рекомендации:

1 группа – уровень производственного потенциала сельскохозяйственных организаций административных районов ниже среднеобластного. В зависимости от конкретной ситуации для сельскохозяйственных организаций данных районов рекомендуются мероприятия по наращиванию энергетиче-

ских мощностей в хозяйствах и увеличению количества основных средств сельскохозяйственного производства, а также оптимизация земель.

2 группа – значение производственного потенциала сопоставимо со средним его значением по области. В зависимости от конкретной ситуации в сельскохозяйственных организациях районов данной группы возможно увеличение площади обрабатываемых земель, проведение работ по оптимизации землепользования и специализации сельскохозяйственного производства.

3 группа – производственный потенциал выше среднеобластного. В хозяйствах данной группы предлагается интенсификация сельскохозяйственного производства путем внедрения современных технологий и инновационных подходов, обеспечивающих рост производимой продукции при минимизации издержек на её производство.

При определении почвенно-агроклиматического потенциала в качестве составляющих приняты:

1. Балл плодородия пахотных, залежных и земель под постоянными культурами.
2. Уровень интенсивности производства зерна, кг/балло-гектар.
3. Сумма активных температур воздуха выше 10 °С.
4. Сумма осадков за период с температурой выше 10 °С, мм.
5. Продолжительность вегетационного периода, дней.

Расчеты почвенно-агроклиматического потенциала сельскохозяйственных организаций административных районов Минской области представлены в табл. 3.

Таблица 3. Расчет почвенно-агроклиматического потенциала сельскохозяйственных организаций административных районов Минской области

№ п.п.	Административные районы	Балл плодородия пахотных, залежных и земель под постоянными культурами		Урожайность зерновых и зернобобовых культур			Сумма активных температур воздуха выше 10°С		Сумма осадков за период с температурой выше 10°С		Продолжительность вегетационного периода		Общий индекс сравнительной оценки	Уровень использования почвенно-агроклиматического потенциала, %
		баллов	индекс к среднеобластному	с 1 га, ц	кг	индекс к среднеобластной	°С	индекс к среднеобластной	мм	индекс к среднеобластной	дней	индекс к среднеобластной		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Березинский	28,3	0,85	21,4	75,6	0,76	2559	1,00	380	1,00	187	0,99	0,92	43
2	Борисовский	29,0	0,87	29,1	100,3	1,01	2542	0,99	387	1,02	187	0,99	0,97	57
3	Вилейский	29,2	0,88	19,4	66,4	0,67	2535	0,99	384	1,01	188	0,99	0,91	38
4	Воложинский	32,1	0,96	27,3	85,0	0,85	2510	0,98	393	1,04	187	0,99	0,96	49
5	Дзержинский	36,4	1,09	49,8	136,8	1,37	2562	1,00	392	1,03	188	0,99	1,10	78
6	Клецкий	41,7	1,25	47,1	112,9	1,13	2625	1,02	375	0,99	192	1,01	1,08	65
7	Копыльский	40,5	1,22	35,6	87,9	0,88	2615	1,02	370	0,98	192	1,01	1,02	50
8	Крупский	39,2	1,18	25,4	64,8	0,65	2508	0,98	389	1,03	187	0,99	0,96	37
9	Логойский	28,1	0,84	30,0	106,8	1,07	2465	0,96	375	0,99	188	0,99	0,97	61
10	Любанский	31,3	0,94	24,9	79,6	0,80	2655	1,03	373	0,98	194	1,02	0,96	45
11	Минский	35,6	1,07	45,3	127,2	1,28	2591	1,01	422	1,11	186	0,98	1,09	73
12	Молодечненский	33,8	1,02	38,2	113,0	1,13	2540	0,99	385	1,02	189	1,00	1,03	65
13	Мядельский	25,0	0,75	17,8	71,2	0,71	2385	0,93	375	0,99	187	0,99	0,87	41
14	Несвижский	43,9	1,32	61,2	139,4	1,40	2630	1,02	370	0,98	195	1,03	1,15	80
15	Пуховичский	31,1	0,93	27,7	89,1	0,89	2610	1,01	360	0,95	188	0,99	0,96	51
16	Слуцкий	37,5	1,13	39,6	105,6	1,06	2611	1,02	370	0,98	193	1,02	1,04	60
17	Смолевичский	33,7	1,01	35,9	106,5	1,07	2590	1,01	399	1,05	186	0,98	1,02	61
18	Солигорский	33,6	1,01	31,2	92,9	0,93	2633	1,02	375	0,99	194	1,02	1,00	53
19	Стародорожский	26,3	0,79	28,4	108,0	1,08	2630	1,02	370	0,98	191	1,01	0,98	62
20	Столбцовский	33,8	1,02	29,6	87,6	0,88	2593	1,01	371	0,98	190	1,00	0,98	50
21	Узденский	31,7	0,95	27,4	86,4	0,87	2592	1,01	365	0,96	190	1,00	0,96	49
22	Червенский	31,6	0,95	25,0	79,1	0,79	2594	1,01	362	0,95	187	0,99	0,94	45
	Минская область	33,3	1,00	33,2	99,7	1,00	2572	1,00	379	1,00	189	1,00	1,00	57

Анализ уровня использования почвенно-агроклиматического потенциала произведен путем сравнения полученных данных и действительно возможных. Действительно возможный урожай зерновых культур определен на основании обобщения опыта работы передовых сельскохозяйственных организаций при современном уровне производства и составляет 175 кг зерна на балло-гектар.

Рассмотрев показатели табл. 3 почвенно-агроклиматического потенциала сельскохозяйственных земель районов Минской области, можно отметить, что наиболее значимые отличия имеются по показателю «уровень интенсивности производства зерна». Коэффициент вариации индексов указанного показателя составляет 22,0 %. Районом с наименьшим индексом в расчете на 1 балло-гектар является Крупский, значение данного показателя меньше максимального по области (Несвижский район) более чем в 2 раза. В целом по Минской области почвенно-агроклиматический потенциал сельскохозяйственных земель в 13 районах (Березинском, Борисовском, Вилейском, Воложинском, Крупском, Логойском, Любанском, Мядельском, Пуховичском, Стародорожском, Столбцовском, Узденском и Червенском) находится ниже среднеобластного уровня, в 8 районах (Держинском, Клецком, Копыльском, Минском, Молодечненском, Несвижском, Слуцком и Смолевичском) превышает его, а в Солигорском равен среднеобластному.

Уровень использования почвенно-агроклиматического потенциала в Несвижском и Держинском районах составляет 80 % и 78 %, что соответственно в 1,40 и 1,37 раза больше, чем в среднем по Минской области, вместе с тем в Крупском и Вилейском районах он равен соответственно 37 % и 38 %, что в 1,50 и 1,54 раза меньше среднеобластного показателя.

Группировка районов Минской области по почвенно-агроклиматическому потенциалу сельскохозяйственных организаций представлена в табл. 4, а также на рис. 2.

Таблица 4. Группировка районов Минской области по почвенно-агроклиматическому потенциалу сельскохозяйственных организаций

Группировка районов по почвенно-агроклиматическому потенциалу	Среднее значение индекса почвенно-агроклиматического потенциала	Количество районов в группе	% от всех районов в области	Название районов
Низкий уровень почвенно-агроклиматического потенциала (значение общего до 0,96)	0,94	9	41	Березинский, Вилейский, Воложинский, Крупский, Любанский, Мядельский, Пуховичский, Узденский, Червенский
Средний уровень почвенно-агроклиматического потенциала (значение общего индекса 0,97–1,05)	1,00	9	41	Борисовский, Копыльский, Логойский, Молодечненский, Слуцкий, Смолевичский, Солигорский, Стародорожский, Столбцовский
Высокий уровень почвенно-агроклиматического потенциала (значение общего индекса более 1,06)	1,10	4	18	Держинский, Клецкий, Минский, Несвижский

С учетом показателей почвенно-агроклиматического потенциала сельскохозяйственных земель распределение административных районов Минской области по группам следующее: к первой группе районов с низким уровнем почвенно-агроклиматического потенциала относятся Березинский, Вилейский, Воложинский, Крупский, Любанский, Мядельский, Пуховичский, Узденский и Червенский, ко второй группе – Борисовский, Копыльский, Логойский, Молодечненский, Слуцкий, Смолевичский, Солигорский, Стародорожский и Столбцовский, к третьей – Держинский, Клецкий, Минский и Несвижский районы.

Исходя из дифференциации районов Минской области по почвенно-агроклиматическому потенциалу сельскохозяйственных земель по группам, можно сделать следующие рекомендации:

1 группа – почвенно-агроклиматический потенциал сельскохозяйственных земель административных районов ниже среднеобластного. Сельскохозяйственным организациям данной группы необходимо провести оптимизацию земельных ресурсов, т.е. вывести из сельскохозяйственного оборота низкопродуктивные земли путем их залужения или облесения, провести экологически допустимую ликвидацию мелкой контурности, рекультивировать нарушенные земли. Для увеличения естественного плодородия земель без нанесения вреда окружающей среде целесообразно воспользоваться принципами ведения органического сельскохозяйственного производства;

2 группа – общий индекс почвенно-агроклиматический потенциал сопоставим со средним по области. Для данной группы рекомендуется установить рациональное соотношение земель, ввести методы органического производства сельскохозяйственной продукции на эрозионно-опасных землях и

землях с низким уровнем содержания гумуса, кроме этого, есть необходимость введения адаптивных и почвозащитных севооборотов;

3 группа – почвенно-агроклиматический потенциал выше среднеобластного. Для сохранения сложившейся ситуации рекомендуется поддерживать экологическое благополучие территории, улучшить мелиоративное состояние земель, для поддержания экологической стабильности их территории снизить интенсивность использования земель.

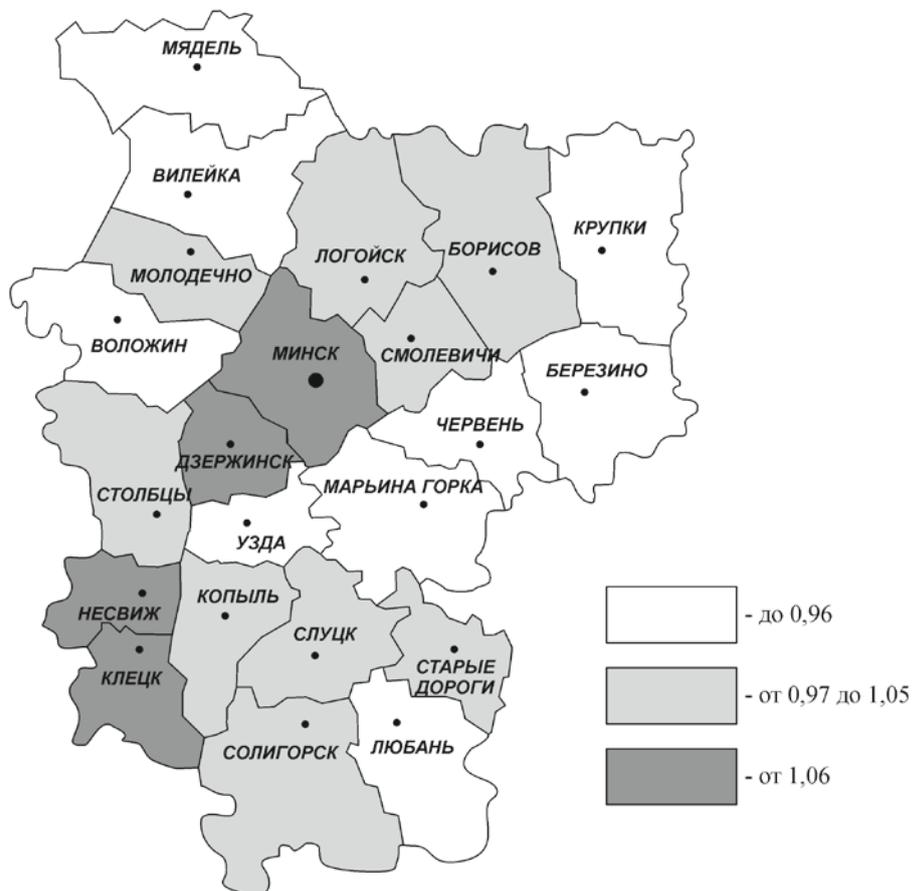


Рис. 2. Распределение административных районов Минской области по почвенно-агроклиматическому потенциалу сельскохозяйственных организаций

Результаты анализа производственного и почвенно-агроклиматического потенциалов сельскохозяйственных организаций районов Минской области позволили их разделить на 7 условных групп и сделать ряд рекомендаций, направленных на повышение эффективности использования имеющихся ресурсов и увеличение объема производимой сельскохозяйственной продукции:

1 группа – низкий уровень производственного потенциала и низкий индекс почвенно-агроклиматического потенциала – Березинский, Вилейский, Воложинский, Крупский, Любанский, Мядельский, Пуховичский и Червенский районы. Для сельскохозяйственных организаций, размещенных на территории этих районов, рекомендуются мероприятия по наращиванию энергетических мощностей и увеличению количества основных средств сельскохозяйственного производства, оптимизация малопродуктивных земель;

2 группа – низкий уровень производственного потенциала и средний индекс почвенно-агроклиматического потенциала – Борисовский, Логойский, Солигорский и Стародорожский районы. Рекомендуется наращивание энергетических мощностей и основных средств производства, а также необходимо установить рациональное соотношение земель и их размещение, ввести адаптивные и почвозащитные севообороты;

3 группа – средний уровень производственного потенциала и средний индекс почвенно-агроклиматического потенциала – Копыльский, Молодечненский, Слуцкий и Столбцовский районы. Для этой группы целесообразны мероприятия по улучшению состояния сельскохозяйственных земель, увеличению производственных мощностей и площади обрабатываемых земель;

4 группа – средний уровень производственного потенциала и низкий индекс почвенно-агроклиматического потенциала – Узденский район. Рекомендуется вывести из сельскохозяйственного оборота низкопродуктивные земли, провести экологически допустимую ликвидацию мелкой контурности, рекультивировать нарушенные земли. Для восстановления естественного плодородия земель применять методы органического сельскохозяйственного производства;

5 группа – высокий уровень производственного потенциала и средний индекс почвенно-агроклиматического потенциала – Смолевичский район. Для данной группы необходимо разработать мероприятия по обеспечению экологической стабильности территории;

6 группа – средний уровень производственного потенциала и высокий индекс почвенно-агроклиматического потенциала – Клецкий район. В представленной группе рекомендуется совершенствование специализации и территориальной организации сельскохозяйственного производства, оптимизация размеров сельскохозяйственных организаций, увеличение площади сельскохозяйственных земель.

7 группа – высокий уровень производственного потенциала и высокий индекс почвенно-агроклиматического потенциала – Дзержинский, Минский и Несвижский районы. В данных районах рекомендуется интенсификация производства путем внедрения современных технологий и инновационных подходов, обеспечивающих рост производимой продукции при минимизации издержек на её производство, при условии сохранения экологической стабильности территории.

### **Заключение**

В результате проведенных научных исследований можно сделать следующие выводы и дать предложения:

1. Для оптимального использования имеющихся в сельскохозяйственных организациях потенциалов требуется проведение их оценки, выполнение которой целесообразно на стадии разработки схемы землеустройства административного района, включив в ее состав агроэкономического обоснования предложений по организации использования земель сельскохозяйственных организаций.

2. Для оценки производственного потенциала сельскохозяйственных организаций районов Минской области предлагается выделить такие показатели, как среднегодовая численность работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, в расчете на 100 га сельскохозяйственных земель; количество основных производственных средств сельскохозяйственного назначения в расчете на 100 га сельскохозяйственных земель; количество энергетических мощностей в расчете на 100 га сельскохозяйственных земель; качество сельскохозяйственных земель; общий балл кадастровой оценки сельскохозяйственных земель.

Для оценки почвенно-агроклиматического потенциала сельскохозяйственных организаций районов предлагается использовать балл плодородия сельскохозяйственных земель, уровень интенсивности производства зерна, сумму активных температур воздуха выше 10°C; сумму осадков за период с температурой выше 10°C, продолжительность вегетационного периода.

3. Установлено, что наибольшее влияние на наличие производственного потенциала сельскохозяйственных организаций оказывает обеспеченность сельскохозяйственных организаций трудовыми ресурсами, а наибольшее отличие административных районов Минской области наблюдается по обеспеченности основными производственными средствами.

Наиболее значимым показателем почвенно-агроклиматического потенциала сельскохозяйственных организаций районов Минской области является уровень интенсивности производства зерна.

4. Определение производственного и почвенно-агроклиматического потенциалов сельскохозяйственных организаций административных районов Минской области целесообразно выполнять посредством индексного метода, при этом вводя весовые коэффициенты при расчете средневзвешенных индексов.

5. При градации административных районов Минской области по наличию производственного потенциала сельскохозяйственных организаций предлагается выделить три группы – низкий уровень наличия производственного потенциала имеют 55 % районов, средний – 27 и высокий – 18 % районов от общей их численности.

6. При градации административных районов Минской области по почвенно-агроклиматическому потенциалу сельскохозяйственных земель предлагается выделить три группы – низкий уровень почвенно-агроклиматического потенциала имеют 41 % районов, средний – 41 и высокий – 18 % районов от общей их численности.

Изучение производственного и почвенно-агроклиматического потенциалов сельскохозяйственных организаций Минской области позволяет рекомендовать состав мероприятий, выполнение которых обеспечит рост сельскохозяйственного производства, повышение эффективности использования и охрану земель.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Винничек, Л. Б. Производственный потенциал: теория вопроса / Л. Б. Винничек, А. А. Колобов // Региональная экономика: теория и практика – 2011. – №7. – Москва: ООО «Издательский дом «Финансы и Кредит» – С. 42–46.
2. Муравский, С. Сущность, состав и структура агропромышленного производственного потенциала // АПК: экономика и управление – 1989. – № 3. – С. 53–56.
3. Эпштейн, Д. Вопросы оценки ресурсного потенциала сельскохозяйственных предприятий // Экономические науки, 1990. – № 12. – С. 103–125.
4. Свободин, В. Вопросы определения и эффективности производственного потенциала // АПК: экономика и управление – 1993. – № 3. – С. 27–42.
5. Тяпкин, В. Определение производственного потенциала растениеводства // АПК: экономика и управление – 1989. – № 11. – С. 58–59.
6. Василенко, Ю. В. Анализ использования производственного потенциала / Ю. В. Василенко, Г. Д. Данчук // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий – 1989. – № 12. – С. 3–42.
7. Василенко, Ю. В. Факторы и эффективность использования производственного потенциала // Экономика сельского хозяйства – 1987. – № 10. – С. 67–71.
8. Зинченко, А. П. Структурная политика и использование производственного потенциала в сельском хозяйстве // АПК: экономика и управление – 1996. – № 2. – С. 15–18.
9. Зинченко, А. П. Методика анализа состояния использования производственного потенциала сельского хозяйства // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий – 1995. – № 7. – С. 17–18.
10. Суханов, П. А. Агроресурсный потенциал: структурно – функциональная организация, точки управления / П. А. Суханов, А. А. Комаров // Современные тенденции в научном обеспечении АПК Верхневолжского региона: Коллективная монография: в 2 томах / ФГБНУ «Верхневолжский аграрный научный центр». – Иваново: Издательско-полиграфический комплекс «ПресСто», 2018. – С. 18–29.
11. Колосков, П. И. О биоклиматическом потенциале и его распределении по территории СССР // Труды НИИАК Вып. 23, 1953. – С. 90–111.
12. Шашко, Д. И. Агроклиматические ресурсы СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 248 с.
13. Батталов, Ф. З. Сельскохозяйственная продуктивность климата для яровых зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 112 с.
14. Реймерс, Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637с.
15. Свободин, В. Определение величины и эффективности использования производственного потенциала сельскохозяйственных предприятий // Экономика сельского хозяйства – 1987. – № 10. – С. 73–106.
16. Колмыков, А. В. Производственный потенциал сельскохозяйственных организаций Могилевской области и его использование / А. В. Колмыков, А. Г. Каборда // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 137–144.
17. Колмыков, А. В. Научные и методологические основы совершенствования землеустройства сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь: монография / А. В. Колмыков; Государственный университет по землеустройству. – Москва: ГУЗ, 2014. – 276 с.

## ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ

Д. А. ДРОЗД, Ю. В. АЛЕХИНА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 02.08.2021)

*Контроль водно-воздушного режима почвы является одним из важнейших элементов агротехники возделывания любой сельскохозяйственной культуры. Осуществлять контроль за водно-воздушным режимом почвы можно как с помощью полевых измерений, так и путем расчета водного баланса почвы. Расчетный способ получил более широкое распространение на территории Республики Беларусь и всего СНГ в силу меньшей энерго- и трудозатратности и возможности получения репрезентативных и точных данных в любой момент времени. Водный баланс почвы вычисляется на основании динамики изменения почвенных влагозапасов, объемов выпадения атмосферных осадков и водопотребления сельскохозяйственной культуры, точность определения которого влияет на достоверность выполненных расчетов.*

*Нами было установлено, что водопотребление различных по скороспелости сортов клевера лугового первого года жизни в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Республики Беларусь варьирует от 308–321 мм во влажный год (90 %), до 360–375 мм в нормальный (50 %) и 382–401 мм в острозасушливый (5 %) годы. В годы хозяйственного использования величина суммарного водопотребления возрастает до 316–398 мм в годы с избытком атмосферной влаги (90 %), 370–465 мм в годы, нормально обеспеченные атмосферной влагой (50 %) и 392–496 мм в периоды с острым недостатком влаги (5 %). Данные показатели отражают биологическую потребность различных по скороспелости сортов клевера лугового в почвенной влаге и будут изменяться в зависимости от условий почвенной влагообеспеченности.*

*Важнейшим показателем являются удельные затраты влаги на формирование 1 т сухого вещества, которые в зависимости от скороспелости возделываемого сорта клевера лугового составляют 226–335 м<sup>3</sup> на посевах, произрастающих без дополнительного увлажнения и 178–269 м<sup>3</sup> в условиях корректировки почвенных влагозапасов дополнительным увлажнением.*

**Ключевые слова:** водопотребление, оросительная норма, минимальный межполивной интервал, влагообеспеченность, клевер луговой.

*Control of the water-air regime of the soil is one of the most important elements of agricultural technology for the cultivation of any agricultural crop. It is possible to control the water-air regime of the soil both by means of field measurements and by calculating the water balance of the soil. The calculation method has become more widespread on the territory of the Republic of Belarus and the entire CIS due to the lower energy and labor costs and the possibility of obtaining representative and accurate data at any time. The water balance of the soil is calculated on the basis of the dynamics of changes in soil moisture reserves, the volume of precipitation and water consumption of the agricultural crop, the accuracy of determination of which affects the reliability of calculations.*

*We found that water consumption of different early ripening varieties of meadow clover in the first year of life in the soil and climatic conditions of the northeastern part of the Republic of Belarus varies from 308–321 mm in a wet year (90 %), to 360–375 mm in a normal year (50 %) and 382–401 mm in severely dry (5 %) years. During the years of economic use, the value of total water consumption increases to 316–398 mm in years with an excess of atmospheric moisture (90 %), 370–465 mm in years normally provided with atmospheric moisture (50 %), and 392–496 mm in periods with an acute lack of moisture (5 %). These indicators reflect the biological need for soil moisture of different early ripening varieties of meadow clover and will change depending on the conditions of soil moisture supply.*

*The most important indicator is the specific moisture consumption for the formation of 1 ton of dry matter, which, depending on the early maturity of the cultivated variety of meadow clover, is 226–335 м<sup>3</sup> on crops growing without additional moisture and 178–269 м<sup>3</sup> in conditions of adjustment of soil moisture reserves with additional moisture.*

**Key words:** water consumption, irrigation rate, minimum inter-irrigation interval, moisture supply, meadow clover.

### Введение

В соответствии с законом оптимума получение достаточно высокого урожая сельскохозяйственной культуры возможно только при идеальном сочетании внешних факторов. К ним можно отнести обеспеченность почвы питательными веществами, а также вегетационного периода теплом, светом и влагой, соблюдение агротехники и др. Многие вышеуказанные факторы можно регулировать непосредственно в полевых условиях, однако существенной проблемой является обеспеченность года атмосферными осадками [1].

Недостаток или избыток почвенной влаги влечет за собой нарушение водно-воздушного режим почвы, что в последствии приводит к снижению урожайности возделываемой сельскохозяйственной культуры. Контроль за водно-воздушным режимом почвы осуществляется как непосредственными измерениями почвенных влагозапасов в полевых условиях, так и расчетным способом с помощью метода водного баланса. Суть данного метода заключается в определении величины почвенных влагозапасов на конец анализируемого промежутка времени с учетом объема выпавших атмосферных осадков, потерь воды на поверхностный и внутрипочвенный сток, водопотребления и подпитки расчетного слоя почвы в случае высокого залегания грунтовых вод [2].

В ходе детального анализа литературных источников нами было установлено, что изучением водопотребления клевера лугового отечественные исследователи занимались более 20 лет назад [3, 4, 5]. Следует отметить, что все они изучали данную проблему при возделывании клевера лугового в составе различных травосмесей, что указывает на отсутствие какой-либо информации о величине водопотребления одновидовых посевов клевера лугового. Кроме того, за столь длительный срок белорусские селекционеры получили и внедрили в производство широкий спектр разноспелых сортов клевера лугового, что делает данные исследования актуальными [6].

#### **Основная часть**

Исследования по изучению величины водопотребления различных по скороспелости сортов клевера лугового выполнялись на дерново-палево-подзолистых обычных легкосуглинистых почвах, развивающихся на лессовидном суглинке, подстилаемых моренными суглинками с глубины более 1 метра учебно-опытного оросительного комплекса «Тушково-1», расположенного в северо-восточной части Республики Беларусь в 10 км от г. Горки. Водно-физические показатели почвы опытного участка: плотность сложения в расчетном слое 0–30 см – 1,37–1,39 г/см<sup>3</sup>, наименьшая влагоемкость в аналогичном слое – 22,63–23,82 % от массы сухой почвы. Агрохимические показатели почвы опытного участка – гумус – 1,48–1,66 %, рН – 5,70–5,80, содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 203–320 мг/кг, а K<sub>2</sub>O – 251–423 мг/кг.

Полевые опыты были заложены 3 раза (в 2016, 2017, 2019 гг.), по следующей схеме:

Фактор А – Границы регулирования почвенных влагозапасов

1. Контроль (без дополнительного увлажнения).
2. Полив при сработке почвенной влажности до 80 % от величины наименьшей влагоемкости (0,8НВ).
3. Полив при сработке почвенной влажности до 70 % от величины наименьшей влагоемкости (0,7НВ).

Фактор В – Скороспелость возделываемых сортов клевера лугового

1. Раннеспелый сорт клевера лугового Белорусской селекции Цудоўны.
2. Среднеранний сорт клевера лугового Белорусской селекции Янтарный.
3. Среднеспелый сорт клевера лугового Белорусской селекции Витебчанин.
4. Позднеспелый сорт клевера лугового Белорусской селекции Мерея.

Посев клевера лугового выполнен нормой 8 кг/га из расчета 100-й посевной годности сплошным рядовым способом на глубину 1,5 см. В 2017 и 2019 гг. посев клевера лугового осуществлен под покровом ярового ячменя. Норма высева для покровной культуры принята равной 180 кг/га, а глубина заделки семян на 1,5 см больше, чем у клевера. Ширина междурядий принята аналогичной как у клеверов. Минеральные удобрения дозой P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> вносились перед закладками полевого опыта, а также в начале вегетационного периода на посевах клевера лугового второго года жизни. В дополнении к основному фону минерального питания, под покровную культуру вносился минеральный азот дозой N<sub>90</sub> [7].

Учет метеорологических показателей вегетационного периода осуществлялся на специально оборудованном метеорологическом посту, расположенном в 50–150 м от центров опытных участков опытов 1–3 закладок. На посту осуществлялся учет объема выпавших атмосферных осадков на поверхности земли и 2-метровой высоте, минимальной, максимальной и среднесуточной температур воздуха, относительной влажности воздуха и скорости ветра на высоте 10 м. Регулирование почвенных влагозапасов в вышеуказанных пределах осуществлялось с помощью двух барабанно-шланговых дождевальных установок Bauer Rainstar T-61 и Irriland Raptor, а также дождевальной установки Lindsay-Europe Omega. Поливные нормы установлены на основании водно-физических показателей почвы и составили 20 мм на фоне 0,8НВ и 30 мм на фоне 0,7 НВ [2].

Наблюдения за метеорологическими показателями вегетационного периода, а в частности за степенью тепловлагообеспеченности года позволили установить, что 2016 г., 2018 г. и 2019 г. являются нормальными по увлажнению (ГТК = 1,34–1,53), а 2017 г. и 2020 г. – влажными (ГТК = 1,78–1,79). Несмотря на это, крайне высокая неравномерность распределения атмосферных осадков внутри вегетационного периода, потребовала корректировки почвенной влажности орошением. В 2016 году на фонах 0,8НВ и 0,7НВ было выполнено 4 и 3 полива оросительными нормами 80 мм и 90 мм с минимальным межполивным интервалом 14 и 21 сутки соответственно. Совместные посевы клевера лугового и ярового ячменя в 2017 году активнее потребляли почвенные влагозапасы и для поддержания их в установленных пределах было выполнено по 4 полива на каждом фоне увлажнения (оросительная норма и минимальный межполивной интервал составили 70 мм и 15 суток на фоне 0,8НВ и 110 мм и 16 суток на фоне 0,7НВ). На опытах третьей закладки в 2019 году было выполнено по 1 поливу стандартными поливными нормами на каждом из фонов увлажнения.

Посевы клевера лугового второго года жизни характеризовались большей потребностью в почвенной влаге и в 2017 году на фоне 0,8НВ проведено 5 поливов (100 мм и 16 суток), а на фоне 0,7НВ 4 полива (110 мм и 13 суток). В 2018 году оросительная норма варьировала от 80 мм на фоне 0,8НВ (4 полива с минимальным интервалом между двумя поливами в 10 суток) до 120 мм на втором фоне с дополнительным увлажнением (количество поливов и минимальный межполивной интервал аналогичны фону 0,8НВ). 2020 год мало чем отличался от 2019 года и на каждом фоне с дополнительным увлажнением выполнено по 1 поливу.

Водопотребление клевера лугового устанавливалось на основании уравнения водного баланса, которое в общем виде имеет следующий вид [2]:

$$E = \Delta W + P + n \cdot m - C \mp q, \quad (1)$$

где E – водопотребление различных по скороспелости сортов клевера лугового, мм;  $\Delta W$  – разница между начальными и конечными влагозапасами почвы в расчетном слое за рассматриваемый период, мм; P – осадки за расчетный период, мм; n – общее количество поливов, выполненных за рассматриваемый промежуток времени; m – поливная норма, мм; C – потери воды на внутрпочвенный и поверхностный сток, мм; q – влагообмен расчетного слоя почвы с нижележащими слоями, мм.

Почвенно-гидрологические условия опытного участка позволили пренебречь величиной влагообмена в силу глубокого залегания уровня грунтовых вод (свыше 5 м). Различия в водно-воздушных режимах почвы, возникшие между контрольным фоном опыта и фонами с дополнительным увлажнением, потребовали изучения водопотребления для каждого сорта клевера лугового (табл. 1).

Таблица 1. Среднесуточное и суммарное водопотребление, коэффициенты водопотребления для различных по скороспелости сортов клевера лугового в 2016–2020 гг.

Год	Возраст посевов и фон увлажнения														
	Клевер 1-го года жизни			Клевер 2-го года жизни											
	Контроль	0,8НВ	0,7НВ	Цудоуны			Янтарный			Витебчанин			Мерея		
Контроль				0,8НВ	0,7НВ	Контроль	0,8НВ	0,7НВ	Контроль	0,8НВ	0,7НВ	Контроль	0,8НВ	0,7НВ	
Водопотребление (E), мм															
2016	265,4	288,9	294,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2017	306,6	319,3	337,3	325,3	340,0	357,2	322,1	343,6	379,4	378,7	397,1	433,5	388,5	414,8	436,9
2018	–	–	–	312,3	350,6	382,5	333,8	354,2	396,4	393,8	412,5	454,2	375,5	392,6	451,2
2019	325,4	335,4	360,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2020	–	–	–	368,9	372,5	394,8	366,8	381,4	383,9	385,1	401,5	409,6	383,2	400,7	420,6
Среднее	316,0	327,4	348,8	335,5	354,4	378,2	340,9	359,7	386,6	385,9	403,7	432,4	382,4	402,7	436,2
Среднесуточное водопотребление (E), мм/сут															
2016	1,7	1,9	1,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2017	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,2	2,4	2,6	2,4	2,4	2,6	2,4	2,6	2,7
2018	–	–	–	2,2	2,5	2,7	2,3	2,5	2,8	2,3	2,5	2,7	2,2	2,4	2,7
2019	2,0	2,1	2,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2020	–	–	–	2,6	2,6	2,8	2,6	2,7	2,7	2,4	2,4	2,5	2,4	2,4	2,6
Среднее	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,6	2,4	2,5	2,7	2,3	2,4	2,6	2,4	2,5	2,7
Коэффициент водопотребления (K <sub>v</sub> ), м <sup>3</sup> /т															
2017	–	–	–	352	256	257	248	209	199	397	268	263	414	281	267
2018	–	–	–	268	244	220	229	189	192	328	285	273	325	238	223
2020	–	–	–	236	191	174	200	172	142	281	254	213	264	230	208
Среднее	–	–	–	285	230	217	226	190	178	335	269	249	334	250	233

Примечание: среднее для клевера первого года жизни, определялось исключительно для посевов, возделываемых в первый год жизни под покровом ярового ячменя (2017 и 2019 гг.).

Анализ полученных данных показал, что водопотребление клевера лугового зависит не только от скороспелости возделываемого сорта клевера лугового, но и от возраста посевов.

Так, травостой первого года жизни потреблял 265,4–325,4 мм почвенной влаги в условиях естественной влагообеспеченности и 288,9–360,2 мм на землях влагозапасы которых восстанавливались орошением. Однако следует заметить, что при беспокровном посеве клевера лугового водопотребление варьирует в пределах 265,4–294,3 мм в зависимости от фона увлажнения. При закладке полевого опыта под покровом ярового ячменя суммарное водопотребление возрастает до 306,6–360,2 мм.

В годы хозяйственного использования посевов величина водопотребления колеблется от 312,3 мм отмеченных у раннеспелого сорта Цудоуны на контроле в 2018 г. до максимальных 454,2 мм у среднеспелого сорта Витебчанин в водно-воздушных условиях фона 0,7НВ в 2018 г. Интересным является тот факт, что раннеспелый и среднеранний сорта клевера лугового характеризуются наименьшей продолжительностью вегетационного периода (14 декад) в следствии чего величина суммарного водопотребления данных сортов составляет 312,3–394,8 мм и 322,1–396,4 мм в зависимости от условий возделывания. Среднеспелый и позднеспелый сорта клевера лугового имели несколько большую

продолжительность вегетационного периода (17 декад), что и вызвало увеличение суммарного водопотребления (378,7–454,2 мм у сорта Витебчанин и 375,5–451,2 мм у сорта Мерея).

Следует отметить и тот факт, что независимо от возраста посевов и их скороспелости максимальное водопотребление (от 294,3–360,2 мм в год посева до 357,2–454,2 мм в годы активной заготовки кормов) наблюдается при поддержании почвенных влагозапасов в пределах 70–100 % от величины наименьшей влагоемкости, что указывает на биологическую оптимальность данного фона увлажнения.

Немаловажным показателем является внутрисезонное распределение величины суммарного водопотребления, которое позволяет установить потребность в почвенной влаге в отдельные периоды вегетации (рис. 1).

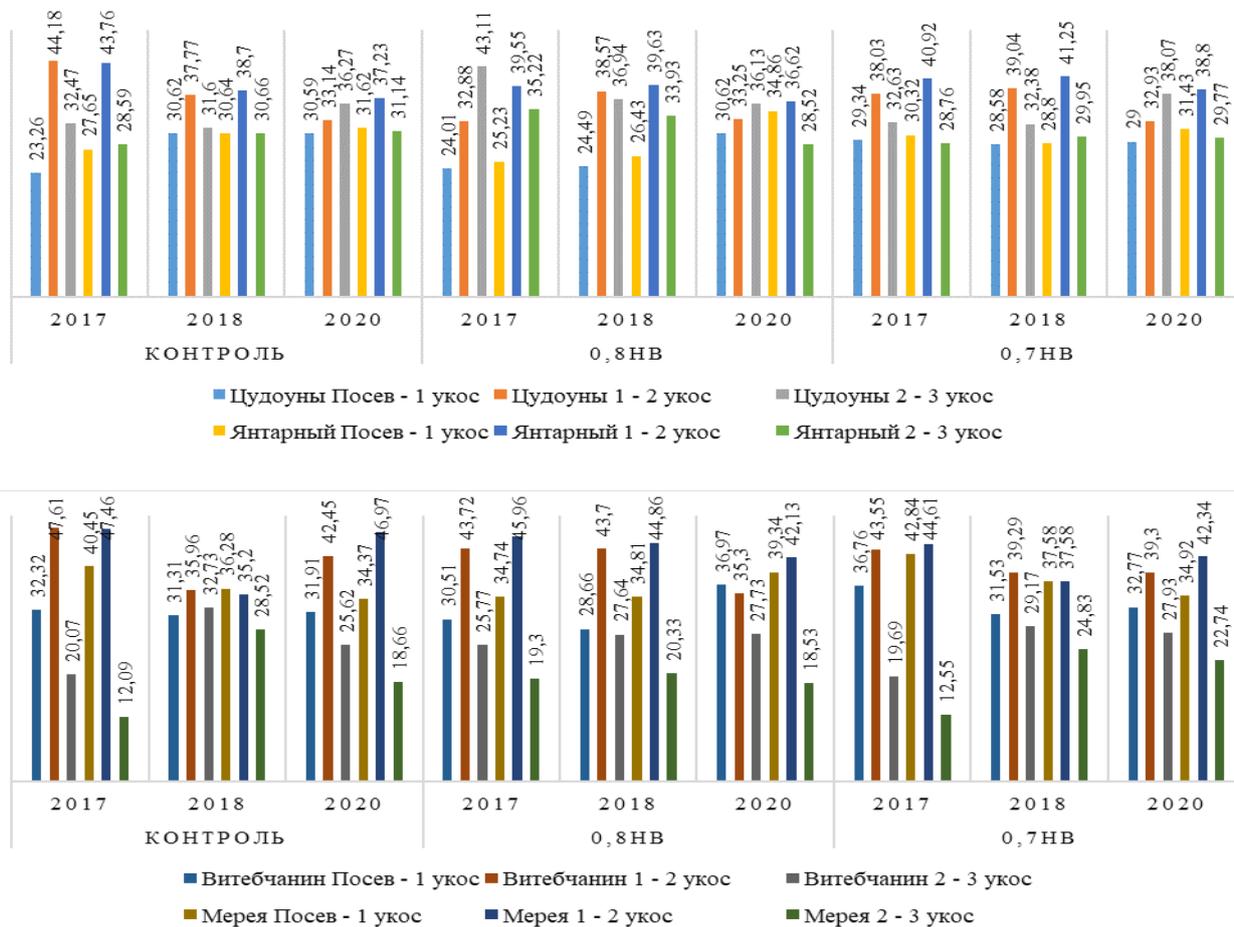


Рис. 1. Распределение водопотребления по межукосным интервалам в 2017–2020 гг., %

При формировании первого укоса зеленой массы водопотребление разноспелых сортов клевера лугового составляет 23,26–42,84 % от суммарного значения (23,26–30,62 % наблюдается у раннеспелого сорта Цудоуны, 25,23–34,86 % – у среднераннего сорта Янтарный, 28,66–36,97 % – у среднеспелого сорта Витебчанин и 34,37–42,84 % – у позднеспелого сорт Мерея). Столь сильная разбежка в значениях обусловлена неравномерностью наступления фаз укосной спелости у испытуемых сортов клевера лугового (раннеспелый и среднеранний сорта вступают в фазу укосной спелости в среднем через 4 декады от начала отрастания, среднеспелый – через 6–7 декад и позднеспелый через 7–8 декад).

Первый межукосный интервал (1–2 укос) характеризовался наибольшей продолжительностью. В следствии этого, величина водопотребления в первом межукосном интервале варьирует в пределах 32,88–47,61 % от его суммарного значения (32,88–44,18 % почвенной влаги безвозвратно выносилось вместе с урожаем клевера лугового сорта Цудоуны, 36,62–43,76 % у сорта Янтарный, 35,30–47,61 – у среднеспелого сорта Витебчанин и 35,20–47,46 % у позднеспелого сорта Мерея).

В целом к моменту вхождения различных по скороспелости сортов клевера лугового в фазу спелости 2-го укоса величина водопотребления достигает 56,89–87,91 % от суммарного за вегетационный период значения и при формировании третьего укоса разноспелые сорта клевера лугового выносят из

почвы еще 12,09–43,11 % почвенной влаги (31,61–43,11 % наблюдается у сорта Цудоуны, 28,52–35,22 % – у сорта Янтарный, 16,69–32,73 % – у сорта Витебчанин и 12,09–28,52 % – у сорта Мерея).

По мнению А. Н. Костякова, водопотребление различных сельскохозяйственных культур тесно коррелирует с их урожайностью [8]. Связь между урожайностью возделываемых культур и их сезонным водопотреблением можно отразить с помощью коэффициента водопотребления ( $K_v$ ), который, по сути, указывает на затраты воды в  $m^3$ , необходимые для образования единицы продукции. По результатам расчетов (табл. 1) нами было установлено, что в годы хозяйственного использования посевов коэффициент водопотребления варьирует от 200–414  $m^3/t$  сухого вещества на контрольном фоне опыта до 142–281  $m^3/t$  на фонах с дополнительным увлажнением. Наименьшей потребностью в почвенной влаге характеризуются сорта клевера лугового независимо от их скороспелости (170–257  $m^3/t$  отмечено у сорта Цудоуны, 142–199  $m^3/t$  – у сорта Янтарный, 208–263  $m^3/t$  – у сорта Витебчанин и 198–267  $m^3/t$  – у сорта Мерея) произрастающие в водно-воздушных условиях фона 0,7НВ.

Ранее указанные данные позволили нам заметить изменчивость водопотребления различных по скороспелости сортов клевера лугового в зависимости от внешних условий. Однако полученные результаты описывают водопотребление разноспелых сортов клевера лугового только для узкого спектра погодно-климатических условий (нормального и влажного годов). Полноценно описать изменчивость водопотребления, а также установить основные компоненты проектного режима орошения (минимальный межполивной интервал и оросительную норму можно с помощью методики, разработанной на основании исследований кафедры «Мелиорации и водного хозяйства» учреждения образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» [9]. Основная суть методики заключается в расчете водного баланса возделываемой сельскохозяйственной культуры для длительного промежутка времени (берутся основные метеорологические показатели вегетационных периодов не менее чем за 30–40 лет). Нами был выполнен расчет водного баланса разноспелых сортов клевера лугового для 7 основных опорных метеостанции северо-восточной части Республики Беларусь (Борисов, Вилейка, Витебск, Горки, Лепель, Минск, Полоцк). В результате были получены величины водопотребления, а также эмпирические коэффициенты оросительных норм и минимальных межполивных интервалов для лет с различной обеспеченностью (от острозасушливого года с обеспеченностью 5 %, до влажного года – 90 %), которые приведены в табл. 2.

Таблица 2. Водопотребление и эмпирические коэффициенты оросительных норм и минимальных межполивных интервалов для северо-восточной части Республики Беларусь

Сорт	$C_v$	Обеспеченность, %					
		5	10	25	50	75	90
Водопотребление ( $E$ ), мм							
Клевер 1-го года жизни	0,07–0,08	382–401	376–393	360–375	345–361	324–343	308–321
Цудоуны	0,07–0,08	392–418	387–406	370–385	351–370	334–351	316–326
Янтарный	0,07–0,08	420–444	408–429	391–408	372–389	352–371	335–347
Витебчанин	0,07–0,08	473–496	458–487	443–465	422–448	400–425	374–398
Мерея	0,07–0,08	475–495	460–487	442–465	419–447	396–422	378–394
Оросительная норма ( $M_p$ )							
Клевер 1-го года жизни	0,45–0,81	1,19–2,11	0,99–1,57	1,00	0,40–0,83	0,34–0,66	0–0,50
Цудоуны	0,34–0,53	1,27–1,82	1,15–1,49	1,00	0,63–0,88	0,40–0,59	0,25–0,50
Янтарный	0,32–0,47	1,20–1,84	1,16–1,55	1,00	0,67–0,89	0,45–0,68	0,25–0,52
Витебчанин	0,35–0,55	1,15–1,68	1,14–1,52	1,00	0,64–0,88	0,37–0,66	0,26–0,46
Мерея	0,35–0,55	1,24–1,66	1,12–1,46	1,00	0,58–0,87	0,39–0,71	0,25–0,51
Минимальный межполивной интервал ( $T_{min}$ )							
Клевер 1-го года жизни	–	0,25–0,89	0,25–1,00	0–1,00	0–4,57	0–5,20	0–13,11
Цудоуны	–	0,67–1,00	0,69–1,00	1,00	1,10–2,63	0–4,89	0–10,78
Янтарный	–	0,71–0,90	0,78–1,00	1,00	1,11–1,64	1,33–6,23	0–9,25
Витебчанин	–	0,63–0,89	0,63–1,00	1,00	1,14–2,79	0–4,69	0–7,56
Мерея	–	0,65–0,89	0,71–1,00	1,00	1,11–2,28	0–7,86	0–10,33

Установлено, что водопотребление различных по скороспелости сортов клевера лугового в северо-восточной части Республики Беларусь варьирует от 382–496 мм в острозасушливый год (5 %), до 345–448 мм и 308–398 мм в нормальный (50 %) и влажный годы (90 %). Водопотребление раннеспелого сорта клевера лугового в годы с различной тепловлагообеспеченностью колебалось от 316 мм до 418 мм, при коэффициенте вариации 0,07–0,08. Среднеранний сорт клевера лугового Янтарный характеризовался несколько большим суммарным водопотреблением, величина которого составляла 335–444 мм. Среднеспелый и позднеспелый сорта клевера лугового имели одинаковую продолжительность вегетационного периода, а их водопотребление было практически идентичным составляя 374–496 мм и 378–495 мм соответственно.

Подбор количества дождевальной техники, параметров насосно-силового оборудования, а также объемов аккумулирующих водоемов выполняется на основании двух основных показателей: мини-

мального межполивного интервала и расчетной оросительной нормы. В ходе расчета водного баланса по ранее описанной методике нами было установлена величина этих показателей для вегетационных периодов, характеризующихся различным уровнем тепловлагообеспеченности. Следует отметить, что полученные эмпирические коэффициенты отличаются меньшей репрезентативностью чем фактические значения данных показателей, но они позволяют построить кривые обеспеченности для любой метеостанции северо-восточной части Республики Беларусь по результатам расчета водного баланса для средnezасушливого года (25 %). Эмпирические коэффициенты расчетной оросительной нормы колеблются от 0–0,52 мм во влажный год (90 %) до 1,15–2,11 в острозасушливый год (5 %). В случае с минимальным межполивным интервалом, наблюдается обратная зависимость и эмпирические коэффициенты возрастают от 0,25–1,00 в год с острой нехваткой атмосферных осадков (5 %) до 0–13,11 замеченных в годы с сильным избытком атмосферной влаги (90 %).

### **Заключение**

Результаты полевых наблюдений за водно-воздушным режимом почвы позволили установить, что суммарное водопотребление разноспелых сортов клевера лугового составляет 265,4–393,8 мм на посевах, произрастающих в естественных условиях и 288,9–454,2 мм отмечено у травостоев рост и развитие которых стимулируется орошением, достигая максимальных значений на фоне с дополнительным увлажнением 0,7НВ. На первый укос зеленой массы у различных по скороспелости сортов клевера лугового приходилось 23,26–42,84 % от суммарного водопотребления, на второй укос – 32,88–47,61 % и завершающий вегетационный период третий укос – 12,09–43,11 %. При этом в среднем за одни сутки посева клевера лугового первого года жизни поглощают из почвы 1,9–2,1 мм влаги, а к первому году хозяйственного использования среднесуточное водопотребление в зависимости от скороспелости возделываемого сорта клевера лугового возрастает до 2,3–2,7 мм, что указывает на прямую зависимость водопотребления клевера лугового от возраста посевов.

В ходе расчета водного баланса с помощью методики прогнозирования вероятности наступления неблагоприятных водных явлений в условиях естественного водного режима почв нами было установлено, что суммарное водопотребление клевера лугового варьирует от 382–496 мм в острозасушливый год (5 %), 376–487 мм в засушливый год (10 %), 360–465 мм в средnezасушливый год (25 %) и 345–448 мм в нормальный по увлажнению год (50 %), до 324–425 мм и 308–394 мм в средневлажный (75 %) и влажный (90 %) года. Полученные в результате расчета водного баланса эмпирические коэффициенты расчетных оросительных норм (от 0 во влажный год до 2,11 в острозасушливый год) и минимальных межполивных интервалов (0–13,11 в зависимости от степени тепловлагообеспеченности вегетационного периода и скороспелости возделываемого сорта клевера лугового) позволяют установить значения данных показателей для любой метеостанции северо-восточной части Республики Беларусь.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Растениеводство / Г. С. Посыпанов [и др.]; под ред. Г. С. Посыпанова. – М.: Колос, 2007. — 612 с.
2. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
3. Лихацевич, А. П. Обоснование расчетной модели режима орошения многолетних трав и овощных культур в условиях Беларуси: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / А. П. Лихацевич; Акад. аграрн. наук Респ. Беларусь, Белорус. НИИ мелиорации и луговодства. – Минск, 1993. – 47 с.
4. Вихров, В. И. Оперативное планирование и прогноз режима орошения многолетних трав на минеральных почвах Белоруссии: дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / В. И. Вихров. – Горки, 1988. – 196 л.
5. Алехин, А. В. Влияние орошения и числа скашиваний на продуктивность бобово-злаковых травостоев в условиях северо-востока Республики Беларусь: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / А. В. Алехин. – Горки, 1999. – 135 л.
6. Государственный реестр сортов / Гос. инспекция по испытанию сортов и охране раст.; сост.: В. А. Бейня [и др.]. – Минск, 2016. – 288 с.
7. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: рекомендации / К. В. Коледа [и др.]; под ред. К. В. Коледа, А. А. Дудука. – Гродно: ПГАУ, 2010. – 340 с.
8. Костяков, А. Н. Основные методы орошения в современном ирригационном строительстве / А. Н. Костяков // Избранные труды. – М.: Сельхозиздат. – 1961. – Т. 1. – Ч. 1. – Гл. 4. – С. 271–300.
9. Вихров, В. И. Ретроспективные расчеты водного баланса почв и неблагоприятных явлений с применением ПЭВМ: лекция / В. И. Вихров // Расчет элементов водного баланса и вероятности наступления неблагоприятных водных явлений в условиях естественного водного режима почв. – Горки, 2006. – Ч. 1. – 28 с.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 331.54:001.89

### ОБЛИК СОВРЕМЕННОГО УЧЕНОГО: ПРЕСТИЖ ПРОФЕССИИ И ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ТРУДА (по материалам социологических опросов)

**В. В. ВЕЛИКАНОВ, Н. Г. ТРАПЯНОК**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

*(Поступила в редакцию 24.06.2021)*

*Опираясь на результаты социологических исследований, в статье дается оценка престижа профессии ученого в обществе и привлекательности научно-исследовательского труда для студентов аграрных вузов. Обосновывается тезис, что комплексное решение проблем научно-исследовательской, инновационной и предпринимательской деятельности позволит университетской науке развиваться и вовлекать в нее студенческую молодежь.*

**Ключевые слова:** *престиж, наука, привлекательность, научно-исследовательская работа, мотивация, образ ученого, научный этос.*

*Based on the results of sociological research, the article assesses the prestige of the profession of a scientist in society and the attractiveness of research work for students of agricultural universities. The thesis is substantiated that a comprehensive solution to the problems of research, innovation and entrepreneurial activity will allow university science to develop and involve student youth in it.*

**Key words:** *prestige, science, attractiveness, research work, motivation, the image of a scientist, scientific ethos.*

#### **Введение**

Сегодня сохранение и развитие вузовской науки во многом зависит от уровня научно-образовательной подготовки молодых специалистов и ее способности привлечь к НИР талантливую молодежь. На фоне происходящей смены поколений ученых в науке сложилась парадоксальная ситуация: с одной стороны, декларируется построение информационного общества, формирование национальной инновационной экономики [1] и превращение высшего образования в массовое, а с другой – несмотря на то, что в последние несколько лет наблюдалась тенденция омоложения научных кадров в Беларуси [2], нарушен их возрастной баланс и процесс расширенного воспроизводства [3]. Современная молодежь не проявляет особого интереса к карьере ученого и пока что не спешит в науку [4], но она не испытывает и большого желания задерживаться в ней. Согласно выводам, сделанным по результатам опроса сотрудников Национальной академии наук (февраль 2016, n = 536), проведенного коллективом Института социологии НАН Беларуси, основными причинами ухода молодых ученых из науки являются недостаточный уровень заработной платы, неуверенность в будущем своих НИИ, а также невысокий престиж и слабая привлекательность научного труда в обществе [5].

Опросы общественного мнения позволяют сопоставить место ученого в рейтинге престижности профессий в разных странах. Так, в США, по данным «The Wall Street Journal», наиболее престижной является профессия ученого. Для сравнения: по результатам мониторинга Аналитического центра Юрия Левады, она занимает 22-ю позицию в рейтинге общественного мнения [6]. Невысокий престиж профессии ученого обусловлен и стереотипными представлениями о непривлекательности научно-исследовательского труда. Согласно результатам опросов общественного мнения, проведенных в РФ, профессию ученого считают удачным карьерным выбором для своего ребенка только треть россиян (32 %), а большинство опрошенных студентов ориентируются на работу в коммерческой сфере – 58 %, карьере госслужащего планируют для себя около 15 % из них, собираются пойти на работу в бюджетный сектор – 17 %, и лишь десятую часть студентов привлекает карьера в науке [7].

Анализ основывается также на данных социологических опросов, проведенных в аграрных вузах Республики Беларусь (БГАТУ, БГСХА, ГГАГУ и ВГАВМ): руководителей НИРС (март 2020 г., n=316) и студентов очной формы обучения (декабрь 2020 г., n =690) [8; 9].

#### **Основная часть**

**1. Облик современного ученого.** Отдельный аспект предпринятого исследования касался изучения представлений студентов аграрных вузов об облике современного ученого. Респондентам при опросе было предложено описать этот облик, а в качестве подсказки можно было выбрать один ответ из пяти стереотипных представлений, отражающих те или иные аспекты этого многогранного феномена, а именно: А) теоретический, Б) эмпирический, В) экспертный, Г) прагматический (практический) и Д)

инновационный. Полученные результаты в виде процентных распределений ответов респондентов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Облик современного ученого в представлениях студентов, в % от числа опрошенных

	По всему массиву
А. Ненасытный читатель, обладающий огромными и разносторонними познаниями. Очень интеллигентен, предрасположен к философии, математике или статистике	11,7
Б. Чрезвычайно любопытный и трудолюбивый исследователь, проводит массу времени в лабораториях	22,5
В. Обладает прекрасными знаниями в своем предмете и точно уверен, что и как нужно делать. Не подвержен сомнению и не терпит критики	16,2
Г. Явный или неявный критик, подвергающий сомнению все и всегда. Находит массу недоработок в рабочих процессах и рассчитывает экономические потери	11,5
Д. Активен, коммуникабелен. Находится в постоянном поиске новых решений или положительного опыта и организует работу по его внедрению в производство	34,9
Другое	1,2

Как показал опрос, меньше всего у студентов образ типичного ученого ассоциируется с обликом прагматика, калькулирующего экономические потери и выгоды, который настроен ко всему критически и подвергает все сомнению, находя в нем массу недостатков (11,5 %), а также с внешностью кабинетного теоретика, внешне похожего на «книжного червя», обладающего энциклопедическими знаниями и просиживающего время в тиши библиотек (11,7 %). Не получил признания у большинства также стереотип авторитетного профессионала, выступающего в роли неумолимого эксперта, не знающего ни в чем сомнений и не терпящего возражений (16,2 %). Респонденты больше склоняются к образу исследователя-экспериментатора, внешне деятельность которого спокойна и соразмерна, который много времени проводит в лаборатории, добиваясь «чистоты» эксперимента, над постановкой опытов и описанием их результатов, (22,5 %).

Все же относительное большинство респондентов высказалось в пользу ученого инновационного типа (34,9 %). Он активен, коммуникабелен, предприимчив, находится в постоянном поиске новых решений, организует работу по их внедрению в производство. Установлено также, что чем выше балл успеваемости студентов, тем больше они отдают предпочтение этому образу. Так, в группе невысокой успеваемости – 30 %, средней – 36 % и высокой – 40 %.

**2. Мотивация участия в НИРС.** Как показал опрос мотивы, связанные с осознанным стремлением молодых людей получить более основательную и глубокую подготовку в профессии и познавательный интерес, доставляющий удовлетворение от такой деятельности, побуждают их заниматься НИРС (рис.1).



Рис. 1. Побуждения к участию в НИРС, в % от числа опрошенных

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что у студентов ведущие ранговые места (с 1-го по 3-й) занимают устойчивые внутренние побуждения – как ситуативные (актуальные), так и терминальные (ориентированные на перспективу), которые дополняются инструментальными, рассматриваемыми ими как средство достижения жизненного успеха на определенном этапе (с 4-го по 6-й). Из приведенных данных видно, что занятие научно-исследовательской деятельностью слабо связывается у студентов с признанием и завоеванием авторитета, уважение в своем окружении (7-е ранговое место). Престижность научного труда заняла предпоследнее место в этом ранжире – всего 9,9 % опрошенных указали на нее. Нельзя также не отметить, что от курса к курсу этот мотив у студентов ослабевает (с 12,7 % до 7,3 %).

Восприятие студентами ученого и отношение к научному труду как к профессии отражает общее положение науки и ее представителей в современном вузе, а также сказывается на заинтересованности молодых людей заниматься научной деятельностью. К сожалению, на их мотивацию к участию в НИРС негативно влияет укоренившееся в массовом сознании представления о невысоком престиже и непривлекательности научно-исследовательского труда. Восприятие студентами ученых, отношение к научной деятельности как к профессии и востребованности полученного научно-исследовательского опыта отражает общее положение людей науки с ученой степенью и без нее в современном вузе и мире. Так, по данным НИУ ВШЭ, большинство опрошенного населения считает ученых альтруистами, которые помогают решать трудные задачи (80 %) и работают на общее благо (72 %). При этом научная работа кажется скучной примерно половине из них (53 %). Так, каждый второй респондент предполагает, что жизнь ученых лишена развлечений (50 %) и интересов, не связанных с НИР (45 %) [7]. Вместе с тем передовая («продвинутая») часть студенческой молодежи начинает рассматривать науку как один из видов высококвалифицированной и высокооплачиваемой инновационной деятельности, близкой к предпринимательской.

Участие в НИРС, по мнению студентов, дает им возможность прежде всего набраться исследовательского опыта (51,5 %), расширить кругозор и развить мышление (45,2 %), повысить самооценку, что в конечном счете будет способствовать их личностному росту (42,5 %) и откроет перспективу дальнейшей подготовки в магистратуре, аспирантуре и т.д. (рис. 2).

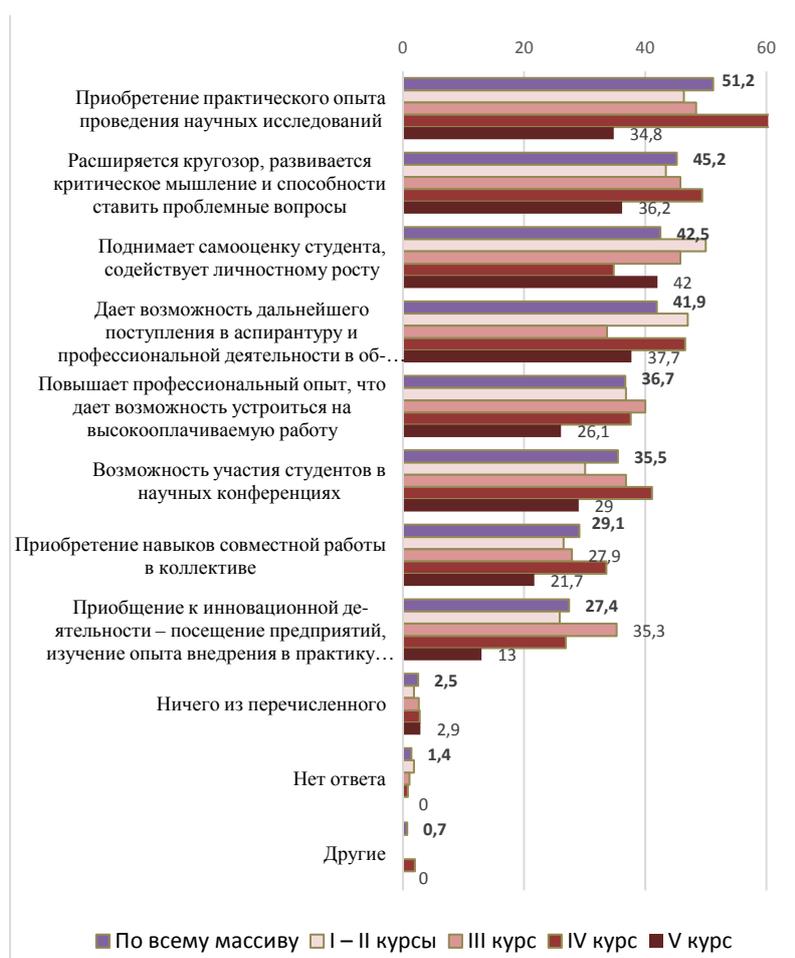


Рис. 2. Преимущества, которые дает участие в НИРС, по курсам, в % от числа опрошенных

**3. Трансформация научного этоса.** Обозначен весьма тревожный симптом: с одной стороны, в представлениях студентов наука отождествляется либо неразрывно связывается с инновационной деятельностью, а, с другой, – научно-исследовательская подготовка студентов в аграрных вузах по инновационному направлению оставляет желать лучшего. Результаты опроса, проведенного среди руководителей научных подразделений аграрных вузов, показывают, что у студентов по сути не сформированы навыки и умения инновационной и командной деятельности: готовности искать новое, совместно решать творческие задачи и ориентироваться в нестандартных ситуациях, используя собственный опыт, в процессе поиска, нахождения путей внедрения нововведений [8]. Мнения студентов и руководителей НИРС в этом вопросе во многом совпадают [9].

Последнее объясняется скорее всего тем, что мнению ряда авторов в последние десятилетия в науке происходит интенсивное разрушение традиционного научного этоса, как уникального морально-психологического комплекса, обеспечивавшего сохранение и воспроизводство традиционного социокультурного типа науки и ученого [10; 11].

Понятие «научного этоса» впервые ввел в научный оборот американский социолог Р. Мертон, которым он обозначил некий социальный «дресс-код», набор согласованных норм, эмоционально воспринимаемый комплекс институционально одобряемых и защищаемых императивов, предписаний, суждений, разделяемых научным сообществом, усвоение которого позволяет субъекту стать легитимным членом этого сообщества, обеспечивает согласованное функционирование науки и эффективность научных исследований [12]. Этосом, в частности, объясняется то, почему, несмотря на все социальные перипетии, катастрофическое снижение финансирования и социального престижа избранной сферы деятельности ученый неизменно сохраняет преданность науке и научным ценностям в «мертоновском» их понимании.

В настоящее время на наших глазах в науке формируется новая этическая подсистема, разделяющая ценностные приоритеты уже сформировавшейся более широкой системы поведения современных более успешных профессиональных групп (топ-менеджеры, юристы, советники и т. п.). Разумеется, на состояние научного этоса оказывает влияние процесс вестернизации, когда западные паттерны задают новую тональность отношений, модифицируют целостный облик ученого, особенно это заметно на молодом поколении и «айтишной» прослойке.

Сегодня воочию можно наблюдать то, как занимаясь наукой, можно зарабатывать – это функционирование индустриальных, технических и научных парков, а также все более расширяющих свою деятельность так называемых городов науки. Они, как центры по разработке и производству наукоемкой продукции, представляют собой симбиоз науки и бизнеса и являются перспективной формой инновационной деятельности, а также одним из оптимальных на сегодняшний день способов установления связи между вузом, научно-исследовательским учреждением, промышленностью и аграрным сектором экономики.

Сейчас общество изменяется ускоренными темпами. Вместе с ним меняется облик науки, в том числе университетской. Модернизация касается не только материально-технической базы, она тесно связана со сменой парадигм в науке и трансформацией научного этоса. Поэтому механизм научной подготовки специалиста традиционным способом начинает не срабатывать.

В изменившихся условиях вузам необходимо сблизиться с обществом и включиться в решение актуальных проблем, модернизировав свою структуру таким образом, чтобы быть готовыми воспринять его достижения и развивать инновационные направления.

Создание в Горецком районе на базе УО БГСХА «Технопарк «Горки», который представляет собой уникальную площадку для коммерциализации аграрных наукоемких разработок на территории Евразийского экономического союза, не только расширяет возможности для развития и реализации в университетском образовании и науке бизнес-идей, но и является конкретным воплощением концепции «Сельское хозяйство 4.0» и программы «Университет 3.0».

#### **Заключение**

Комплексное решение проблем научно-исследовательской, инновационной и предпринимательской деятельности УВО в целях создания инновационной продукции и коммерциализации результатов интеллектуального труда (программы «Университет 3.0», «Университет 4.0» [13]) будет способствовать становлению новой формации вуза, приобщению студентов к НИР и появлению новой генерации ученых в университетской науке.

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Государственная программа Цифровое развитие Беларуси на 2021–2025 годы // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. [Электронный ресурс] [https://pravo.by/upload/docs/op/C22100066\\_1612472400.pdf](https://pravo.by/upload/docs/op/C22100066_1612472400.pdf). Дата обращения: 30.05.2021.

2. Будущее белорусской науки: подготовка и поддержка научных кадров // Пресс-конференция представителей НАН Беларуси, Госкомитета по науке и технологиям и БГУ в пресс-центре БЕЛТА (17.11.2017). [Электронный ресурс] <https://www.belta.by/society/view/v-belarusi-v-poslednie-gody-nabljudajetsja-tendentsija-omolozhenija-nauchnyh-kadrov-nan-276351-2017/>. Дата обращения: 22.12.2020.
3. Шарый, И. Н. Динамика возрастной структуры профессорско-преподавательского состава и исследователей в Республике Беларусь: сравнительный анализ / И. Н. Шарый // Социологический альманах Минск: Белорусская наука, 2019. – Выпуск 10. – С. 337–345.
4. Листопадов, В. Почему молодежь не идет в науку? / В. Листопадов. // Заўтра тваёй краіны. Беларусь: новое видение. Образование, 2021. [Электронный ресурс] <https://issek.hse.ru/news/148746860.html>. Дата обращения: 30.06.2021.
5. Щурок, Э. М. Динамика возрастной структуры профессорско-преподавательского состава и исследователей в Республике Беларусь: сравнительный анализ / Э. М. Щурок, С. А. Пушкевич // Социологический альманах Минск: Белорусская наука, 2019. – Выпуск 10. – С. 183–206.
6. Полякова, В. В. Что россияне думают о научной карьере? // В. В. Полякова, Е. М. Чернович. – Высшая школа экономики. Инновационное поведение населения. Мониторинг Информационный бюллетень. 2015, № 1. [Электронный ресурс] <https://issek.hse.ru/news/148746860.html>. Дата обращения: 22.12.2020.
7. Зубова, Л. Г. Готовность к научно-исследовательской деятельности: оценки выпускников ведущих российских университетов / Л. Г. Зубова, О. Н. Андреева, О. А. Антропова. – Вестн. московского ун-та. Сер. 18. Социология и политология. – 2008. – № 1. – С. 152–165.
8. Трапянок, Н. Г. Научно-исследовательская работа студентов: состояние и пути развития» / Педагогика высшей школы: сб. статей / редкол.: В. В. Великанов (отв. ред) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 129–131.
9. Трапянок, Н. Г. Состояние и результативность организации НИРС в аграрных вузах / Н. Г. Трапянок, Е. И. Сарви-ро, Е. И. Вильдфлуш. – Горки: БГСХА, 2020. 43 с.
10. Липчанская, И. В. Трансформация образов науки и ученого в современном мире // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – № 2–1. – С. 135–139.
11. Судас Л. Г. Научный этос как фактор выживания отечественной науки / Л. Г. Судас // Россия и современный мир. – 2002 – № 2. – С. 99–111.
12. Мертон, Р. Амбивалентность ученого / Р. А. Мертон. – М: Прогресс, 1965. – С. 485.
13. Ефимов, В. С. Университет 4.0: Философско-методологический анализ / В. С. Ефимов, А. В. Лаптева. – Университетское управление: практика и анализ .Том 21, № 1, 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://foresight.sfu-kras.ru/node/348>. – Дата доступа: 02.07.2021.

## **ИЗ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА**

УДК 339.9(476:574)

### **МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО УО БГСХА – КАЗАХСТАНСКИЙ ВЕКТОР**

**В. В. ВЕЛИКАНОВ, С. А. НОСКОВА, В. Н. БОСАК**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 216407*

*(Поступила в редакцию 15.06.2021)*

Международное сотрудничество относится к неотъемлемой части развития мировой высшей школы, в том числе и УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия». Академия в настоящее время поддерживает тесные профессиональные связи с ведущими учебными и научными учреждениями различных стран СНГ, Европы, Азии, Америки и Африки [1–2].

Активное международное сотрудничество положительно сказывается на всех сферах развития белорусской высшей школы: учебной, учебно-методической, научной, культурной [1–5].

Одним из наиболее перспективных направлений международного сотрудничества УО БГСХА является Республика Казахстан.

В 2014 г. УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» была принята в Научно-образовательный консорциум высших учебных заведений и НИИ Республики Беларусь и Республики Казахстан.

В настоящее время академия имеет договора о сотрудничестве с целым рядом высших учебных заведений и научных учреждений Республики Казахстан:

- Казахским национальным аграрным исследовательским университетом;
- Северо-Казахстанским государственным университетом имени М. Козыбаева;
- Казахским агротехническим университетом имени С. Сейфуллина;
- ТОО «Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция»;
- Костанайским инженерно-экономическим университетом имени М. Дулатова;
- НИИ агроинженерных проблем и новых технологий РГП «КазНАУ»;
- Шымкентским университетом;
- Южно-Казахстанским государственным университетом имени М. Ауэзова;
- Инновационным Евразийским университетом;
- Западно-Казахстанским аграрно-техническим университетом имени Жангир хана.

Основные направления сотрудничества связаны с научно-образовательной деятельностью и осуществлялось в следующих направлениях:

- организация стажировок;
- разработка и издание учено-методической литературы;
- подготовка научных кадров;
- участие в летних и Зимних школах;
- научное сотрудничество
- участие в международных конференциях и публикация научных статей.

В предыдущие годы, до введения карантинных мероприятий, связанных с COVID-19, общение между представителями УО БГСХА и Республики Казахстан проходило в основном в «живом» формате.

В 2016 г. молодые преподаватели и магистранты Казахского национального аграрного исследовательского университета прошли стажировку на кафедрах академии по следующим специальностям: аграрная техника и технология (14 человек), пищевая безопасность (7 человек), экология (11 человек), безопасность технических систем (5 человек), рыбное хозяйство и промышленное рыбководство (7 человек).

С 26 июля по 9 августа 2018 г. группа магистрантов 1 курса специальности 6М080800 – Почвоведение и агрохимия прошла стажировку на кафедре агрохимии УО БГСХА.

В ноябре 2018 г. Белорусскую государственную сельскохозяйственную академию посетил Чрезвычайный и Полномочный посол Республики Казахстан в Республике Беларусь, доктор политических наук, профессор Ермухамет Есырбаев, который выступил с лекцией перед студентами и профессорско-преподавательским составом нашей академии.

С 3 по 13 декабря 2018 г. А. С. Шаяхметова, зав кафедрой агротехнологического факультета Северо-Казахстанского государственного университета им. Козыбаева, прошла стажировку на кафедре земледелия академии. А. С. Шаяхметова прочитала лекции для студентов агроэкологического факультета; были изучены возможности образовательного и научного сотрудничества между кафедрами УО БГСХА и агротехнологическим факультетом Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева.

Ряд ведущих профессоров и преподавателей академии (Ю. Л. Тибец, Т. Ф. Персикова, С. В. Гудков, П. М. Новицкий, В. Г. Ковалев и др.) на протяжении ряда лет приглашались для чтения лекций для студентов КазНАУ и Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева по таким специальностям, как сельскохозяйственные машины, агроэкология, почвоведение, кормление и разведение сельскохозяйственных животных и др.

В 2017 г. вышел учебник для студентов стран СНГ «Агрохимия», авторами которого являются академики и профессора российских, казахских и белорусских университетов: от КазНАУ – академик НАН РК Р. Е. Елешев; от УО БГСХА – профессор, доктор сельскохозяйственных наук, зав кафедрой почвоведения Т. Ф. Персикова.

Кафедрой сельхозмашин УО БГСХА издано совместное с учеными КазНАУ учебное пособие для студентов «Инновационная сельхозтехника».

Руководство УО БГСХА ежегодно принимает участие в заседаниях Совета ректоров ведущих аграрных вузов стран СНГ, в том числе и в Республике Казахстан.

Особенно тесные взаимоотношения связывают нашу академию с Казахским национальным аграрным исследовательским университетом (г. Алматы).

Ректор Казахского национального аграрного исследовательского университета, академик НАН Республики Казахстан, Председатель Совета ректоров ведущих аграрных вузов СНГ Т. И. Есполов неоднократно посещал УО БГСХА. В 2010 г. на заседании Совета в рамках празднования 170-летия УО БГСХА высокому казахскому гостю вручили мантию почетного доктора ведущего белорусского вуза. 20 сентября 2019 г. в работе Международного форума ректоров ведущих аграрных вузов стран-участниц СНГ, который проходил на базе КазНАУ, участвовал ректор академии В. В. Великанов. Одним из событий этого саммита стало присвоение ему звания Почетного профессора КазНАУ. Профессорскую мантию и свидетельство своему молодому коллеге вручил академик Т. И. Есполов.

В настоящее время общение с казахскими коллегами в основном осуществляется в онлайновом формате.

Так, 4 декабря 2020 г. в онлайн-режиме на базе КазНАУ проходил очередной Международный агротехнологический саммит на тему «Инновационное развитие АПК в условиях глобализации экономики», посвященный 90-летию Казахского национального аграрного исследовательского университета, в котором приняли активное участие и ученые УО БГСХА.

О современном землеустройстве и использовании земельных ресурсов в Республике Беларусь в своем видеовыступлении рассказал первый проректор А. В. Колмыков. Участниками саммита стали также декан землеустроительного факультета О. Н. Писецкая («Анализ цифровизации землеустройства в Республике Беларусь и странах ближнего зарубежья»); заведующий кафедрой ихтиологии и рыбоводства Н. В. Барулин («Современное направление использования модельного объекта *Danio rerio* в научно-исследовательском и образовательном процессе»); заведующая кафедрой геодезии и фотограмметрии Т. Н. Мысльва («Особенности осуществления народно-хозяйственного землеустройства в контексте внедрения точного земледелия») и директор Технопарка «Горки» А. А. Тимашев («Ускоренный трансферт технологий и создание центров аграрных компетенций и инноваций в АПК»).

В феврале 2021 г. в рамках XI Международной зимней школы 2021 на базе Казахского национального аграрного исследовательского университета свои доклады представили молодые исследователи УО БГСХА:

– Современные тенденции производства лекарственного растительного сырья Республики Беларусь и его переработки (Е.В. Карачевская);

– Эффективность использования природного капитала в Республике Беларусь и Казахстане (Д. С. Кивуля);

– Features of in-farm land management in the context of implementation of precision farming in the Republic of Belarus (Т. N. Myslyva, А. А. Kutsaeva);

– Морфологические перестройки органов детоксикации и биохимические изменения крови свиней при кормовых микотоксикозах (В. И. Бородулина, Е. Л. Микулич).

В мае 2021 года в рамках МНПК «Олжас Сулейменов и чистая планета» в Казахском национальном аграрном исследовательском университете свой доклад «Новые виды агромелиорантов в экологическом земледелии» представили В. Н. Босак и Т. В. Сачивко.

Особое место в международном сотрудничестве между УО БГСХА и Республикой Казахстан занимает подготовка кадров высшей квалификации для наших казахских партнеров совместно с ведущими казахстанскими учеными.

Под руководством Чрезвычайного и Полномочного посла, доктора экономических наук, профессора Л. В. Пакуш защищено 2 диссертации (PhD) гражданами Республики Казахстан.

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор Т. Ф. Персикова осуществляет научное консультирование докторантов Казахского агротехнического университета им. С Сейфуллина по специальности 6D080800 – Почвоведение и агрохимия:

– Р. Ш. Куздановой (тема диссертации «Методы управления продуктивностью картофеля на основе комплексного использования минеральных и биологических удобрений», научная стажировка Р. Ш. Куздановой на базе УО БГСХА прошла с 3 по 23 декабря 2018 г.);

– Б. Ж. Жанзакова (тема диссертации «Разработка приемов управления плодородием почв, обеспечивающих реализацию потенциальной продуктивности чечевицы в сухостепной зоне Северного Казахстана», научная онлайн-стажировка Б. Ж. Жанзакова на базе УО БГСХА прошла с 1 по 27 апреля 2021 г.).

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор В. Н. Босак осуществляет научное консультирование докторантов Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Аузова по специальности 6D073100 – Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды:

– К. С. Досалиева (тема диссертации «Исследование влияния структуры автомобильных дорог «земляное покрытие – асфальтобетон» на безопасность жизнедеятельности при эксплуатации», диссертация успешно защищена в 2018 г.);

– А. Д. Байботаевой (тема диссертации «Разработка технологии биоиндикации и биоремедиации почв г. Шымкент, загрязненных тяжелыми металлами (As, Pb, Cd)», научная стажировка А. Д. Байботаевой на базе УО БГСХА прошла с 27 ноября по 26 декабря 2019 г.);

– Н. М. Сулейменова (тема диссертации «Оценка эндогенной пожароопасности в угольных шахтах по составу газов в рудничной атмосфере», научная онлайн-стажировка Н. М. Сулейменова на базе УО БГСХА прошла с 20 апреля по 20 мая 2020 г.);

– Т. Т. Заурбекова (тема диссертации «Разработка утилизации производственной пыли предприятия по выпуску волокнисто-цементных изделий с целью снижения ее влияния на окружающую среду», научная онлайн-стажировка Т. Т. Заурбекова на базе УО БГСХА прошла с 19 апреля по 19 мая 2021 г.).

Основные положения совместных белорусско-казахских научных исследований опубликованы в ведущих мировых журналах, входящих в базы данных Scopus и Web of Science [6–10], научных журналах Республики Беларусь [11–12] и Республики Казахстан [13–20], изданиях УО БГСХА [21–32].

Укрепление международного сотрудничества между УО БГСХА и Республикой Казахстан ведет не только к установлению долгосрочного сотрудничества между Белорусской государственной сельскохозяйственной академией и высшими учебными и научными учреждениями Республики Казахстан, но и к упрочению научных, образовательных, экономических и культурных связей между нашими государствами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Великанов, В. В. Академия на пороге 180-летнего юбилея / В. В. Великанов // Вестник БГСХА. – 2020. – Юбилейный выпуск. – С. 4–9.

2. Носкова, С. А. Международное сотрудничество: история и современность / С. А. Носкова // Вестник БГСХА. – 2020. – Юбилейный выпуск. – С. 28–34.

3. Босак, В. Н. Международное сотрудничество в высшей школе Республики Беларусь / В. Н. Босак, А. А. Босак // Перспективы развития высшей школы. – Гродно: ГГАУ, 2010. – С. 17–19.

4. Босак, В. Н. Организация научной деятельности в высшей школе Республики Беларусь / В. Н. Босак, А. А. Босак // Перспективы развития высшей школы. – Гродно: ГГАУ, 2011. – С. 29–30.

5. Тибец, Ю. Л. Научно-исследовательская и инновационная деятельность / Ю. Л. Тибец, А. Н. Иванистов // Вестник БГСХА. – 2020. – Юбилейный выпуск. – С. 15–18.
6. Influence of Heavy Metals on the Environment and Methods of Soil Bioremediation Control / A. D. Baibotayeva [et al.] // International Journal of Engineering Research and Technology. – 2020. – V. 13, Nr. 6. – P. 1120–1125.
7. Materials of box-type pavement / K. T. Zhantassov [et al.] // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2017. – Nr. 5. – P. 238–243.
8. Meaningful management of soil fertility and flax productivity / A. K. Kurishbayev [et al.] // Arabian Journal of Geosciences. – 2020. – V. 13, Nr. 16. – P. 78–87.
9. Numerical simulation modeling of temperature distribution in the process of coal self-heating in the mined-out spaces / N. M. Suleymenov [et al.] // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2021. – V. 2 (446). – P. 167–173.
10. Recognition of stages of emergence and development of the endogenous fire in coal mines / V. N. Bosak [et al.] // Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2018. – V. 3 (373). – P. 107–112.
11. Использование техногенных отходов для дорожной одежды коробчатого типа / К. Т. Жантасов, О. Б. Дормешкин, В. Н. Босак, К. С. Досалиев // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2017. – № 2. – С. 170–175.
12. Эффективность новых видов поликомпонентных минеральных удобрений при возделывании бобово-злаковой смеси / О. Б. Дормешкин [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2015. – № 1. – С. 23–25.
13. Биоиндикационная роль люмбрицид при оценке почв юга Казахстана / А. Байботаева [и др.] // Вестник КазНИТУ. – 2020. – № 2. – С. 19–24.
14. Исследование возможности применения отходов различных производств в тощих бетонах дорожной одежды / К. С. Досалиев [и др.] // Вестник КазНИТУ. – 2019. – № 2. – С. 128–131.
15. Материалы дорожной одежды коробчатого типа / К. С. Досалиев [и др.] // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2017. – № 4. – С. 40–47.
16. Причины, снижающие устойчивость земляного полотна автомобильной дороги / К. Т. Жантасов [и др.] // Вестник Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева. – 2016. – № 2. – С. 191–194.
17. Age-resistant varieties of spring wheat to leaf rust (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. ex. *Eriks et Henn*) / Sh. K. Shapalov [et al.] // News of the National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan. Series of Agricultural Science. – 2015. – V. 6, Nr. 30 (5). – P. 86–92.
18. Baibotayeva, A. Influence of heavy metals (As, Pb, Cd) on the environment / A. Baibotayeva, G. Kenzhaliyeva, V. Bosak // Industrial Technology and Engineering. – 2019. – Nr. 2. – P. 5–10.
19. Environmental pollution in the production of fiber-cement products / T. T. Zaurbekov [et al.] // Вестник КазНИТУ. – 2020. – № 2. – С. 61–64.
20. Method for determining the concentration of dust in the production room of fiber-cement products / T. T. Zaurbekov [et al.] // Вестник КазНИТУ. – 2020. – № 2. – С. 498–501.
21. Байботаева, А. Д. Применение метода биоиндикации для оценки содержания тяжелых металлов / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5. – С. 57–59.
22. Байботаева, А. Д. Разработка устройства для учета люмбрицид в почве / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 6–8.
23. Байботаева, А. Д. Распространение люмбрицид в почвах юга Казахстана и перспективы их применения / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 17–19.
24. Байботаева, А. Д. Тяжелые металлы в почвах урбанизированных территорий / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Вестник БГСХА. – 2019. – № 4. – С. 126–130.
25. Досалиев, К. С. Использование техногенных отходов в дорожном строительстве / К. С. Досалиев, К. Т. Жантасов, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 20–22.
26. Досалиев, К. С. Перспективы применения техногенных отходов / К. С. Досалиев, К. Т. Жантасов, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2018. – Вып. 3. – С. 6–9.
27. Жанзаков, Б. Ж. Влияние условий фосфорного питания на продуктивность и качество чечевицы разновидностей сорта «Веховская» / Б. Ж. Жанзаков, В. Г. Черненко, Т. Ф. Персикова // Вестник БГСХА. – 2021. – № 2. – С. 141–146.
28. Заурбеков, Т. Т. Асбест и асбестовые изделия: характеристика, безопасность и перспективы / Т. Т. Заурбеков, К. С. Досалиев, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 23–25.
29. Перспективы и оценка использования техногенных отходов фосфорного производства / К. С. Досалиев, К. С. Байболов, К. Т. Жантасов, В. Н. Босак // Вестник БГСХА. – 2018. – № 2. – С. 205–208.
30. Проблемы и перспективы производства асбестовых изделий / К. С. Досалиев, В. Н. Босак, Ж. Алтыбаев, Т. Т. Заурбеков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5. – С. 74–77.
31. Сулейменов, Н. М. Состав и пожароопасность рудничных газов / Н. М. Сулейменов, Ш. К. Шапалов, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 50–53.
32. Шапалов, Ш. К. Оценка устойчивости сортов пшеницы к листовой бурой ржавчине / Ш. К. Шапалов, В. Н. Босак // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2021. – С. 443–445.

## **ОБЗОРЫ. ФРАГМЕНТЫ. РЕЦЕНЗИИ**

### **РЕЦЕНЗИЯ НА МОНОГРАФИЮ ПРОФЕССОРА Ф. В. ЗИНОВЬЕВА «СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ»**

**М. З. ФРЕЙДИН**

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 216407*

*(Поступила в редакцию 14.06.2021)*

Проблема деятельности научных школ всегда была в центре внимания научной общественности, в том числе и в настоящее время она вызывает несомненный интерес. Этой проблеме посвящены работы различных учёных: А. И. Владимирова, О. Ю. Грезневой, Г. Ф. Ручкиной, Т. Ю. Павельевой, Д. Ю. Гузевич, Г. Лайтко, Е. З. Мирской, Ю. Г. Одегова. Автор анализирует их подходы к определению понятия «научная школа», существующей классификации научных школ и их характерным признакам.

Как справедливо отмечает автор, акцент в публикациях делается на достигнутых результатах школ и опыте их функционирования в прошлом. Но, в отличие от этого, важно обратить внимание не только на признание прошлых заслуг коллектива, но и на особенности действующей научной школы в настоящее время.

Торопливость за общественным признанием вклада учёных приводит, порой, к провозглашению «школами» тех, которые действуют лишь несколько лет. И, видимо, правильно отмечает автор, что школами могут стать лишь те коллективы, которые действуют и получают признание научной общественности на протяжении двух или трёх поколений, в том числе и в настоящее время.

Структура монографии проста и логична. В ней можно выделить три составляющие: теоретический раздел (концептуальный подход к сущности научных школ и проблемам в их функционировании, особенности интеллектуальной деятельности, управленческие решения), методический раздел (критерии деятельности и методика оценки функционирования коллективов, представляющих научные школы) и практический раздел (раскрывающий опыт авторской школы).

Хочется подчеркнуть системный и комплексный подход к рассмотрению различных аспектов функционирования научных школ, о которых принято говорить не всё и не всегда. Автор объективно и критически подходит к этому. Большой опыт работы в высшей школе позволяет ему раскрывать реальную картину, на основе объективных и субъективных факторов, мотивирующих или ограничивающих условия функционирования научных коллективов.

Нельзя не согласиться с тем, что в публикациях рассматривается опыт ведущих школ и школ, которые функционировали в крупных мегаполисах страны. Автор, пожалуй, впервые публикует опыт региональной научной школы, которая получила общественное признание не только в регионе, но и в России и ряде других стран. Рассматривается опыт реально функционирующей авторской школы «Непрерывного развития человеческого потенциала», действующей на протяжении длительного периода, и продолжающую свою работу в настоящее время.

Выделено несколько составляющих в работе коллектива: методическая работа, издание учебных пособий, апробированных в практике подготовки кадров, исследовательская и внедренческая деятельность новые технологии обучения не только студентов и магистрантов, но и подготовка и переподготовка специалистов и руководителей предприятий, а также подготовки кандидатов и докторов экономических наук.

Рассмотрено содержание труда преподавателей с различным опытом работы, их образ жизни и деятельности, анализируется ряд аспектов формирования личности и дан расчёт необходимых инвестиций в человеческий капитал на протяжении всей жизни специалиста

Автор рассматривает проблемы поиска молодых талантов на ранней стадии профориентационной работы и их привлечение к научно-исследовательской деятельности, взаимодействие преподавателей, студентов и работодателей, мотивирование молодых талантов к преподавательской работе, формирование компетентности и воспитание последователей научной школы.

Особый интерес представляет, по нашему мнению, глава, раскрывающая генезис инновационности в подготовке специалистов.

Заключительная глава монографии названа «В поисках критериев деятельности научной школы», в которой автор предлагает подумать над методиками, рекомендуемыми для практической деятельности, включающими базовый блок коллектива, блок его развития и блок достижения целей. Эта проблема постоянно обсуждается в научном сообществе, так как формальная оценка деятельности преподавателей и реальная оценка, как правило, не совпадают с мнением работающих.

Изложенное выше позволяет положительно охарактеризовать представленную монографию профессора Ф. В. Зиновьева «Становление и развитие научной школы», которая соединяет теоретические, методические и практические аспекты деятельности научных школ. Она написана на профессиональном уровне и с интересом будет воспринята научной общественностью.

*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 в 2-х экземплярах 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, абзационный 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 (не более трех)** 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 (не более трех)** 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); **инициалы и фамилия автора (авторов); название** должно отражать основную идею выполненных исследований, быть по возможности кратким; **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 сослаться на оригинальные публикации последних лет, включая и зарубежные; 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 беспроцентное 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, заведующий кафедрой 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, профессор кафедры 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.

**Фрейдлин М. З.**, кандидат экономических наук, профессор, профессор кафедры маркетинга, заслуженный экономист БССР.

**Шаршунов В. А.**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры механизации животноводства и электрификации сельскохозяйственного производства, 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-bгаа@yandex.ru

© Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2021

---

*Подписано в печать 17.09.2021 Формат 60/84<sup>1/8</sup>*

*Усл. печ. л. 25,58 Уч.-изд. л. 20,84 Заказ Тираж 135 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*