

ВЕСТНИК

БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

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

2024 № 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

А. А. Андреевко. Геймификация как инструмент повышения производительности труда в организациях агропромышленной сферы	5
Ал. В. Колмыков. Механизм оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций Беларуси	11
О. А. Пашкевич. Методические подходы к оценке параметров кадрового обеспечения в условиях цифровизации аграрного производства.....	21
А. Н. Гридюшко, Ван Си. Картофелеводство в Китае и Беларуси: особенности развития	25
И. П. Лабурдова, Н. М. Коробова. Анализ налоговой нагрузки сельскохозяйственных организаций Горьковского региона Могилевской области.....	32
В. И. Буць, Ху Юйфэй. Теоретико-методические основы формирования и развития организационной культуры в аграрных корпорациях Китая	40

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

М. А. Литарная, В. З. Богдан, Т. М. Богдан. Адаптивный потенциал образцов коллекции льна-долгунца по урожайности льноволокна	45
Т. И. Никонович. Продолжительность цветения сортов роз группы флорибунда в коллекции ЦБС НАН Беларуси.....	50
А. А. Кулешова. Влияние макро-, микроудобрений и регулятора роста на урожайность и качество зерна и муки яровой пшеницы	56
Б. Ж. Жанзаков, Ф. К. Кулынтай, В. Ф. Скобликов, А. И. Лисенович, Е. А. Тен. Использование дистанционного зондирования и вегетационных индексов в сельскохозяйственной практике и науке: обзор	60

Н. В. Степанова, С. Р. Чуйко. Применение протравителей фунгицидного действия в технологии возделывания льна-долгунца.....	67
В. В. Васеха. Биологические особенности органогенеза генеративных почек персика и отбор адаптивных сортов в условиях центральной зоны плодоводства Беларуси.....	71
М. О. Моисеева, Н. Н. Зенькова, Т. М. Шлома, И. В. Ковалёва, А. М. Синцера, И. И. Шимко. Энергетическая и протеиновая питательность свежескошенной и провяленной массы 1-го укоса многолетних бобовых трав.....	76
И. ДЖ. Мурзалиев, М. М. Сайидкулов. Экологическое состояние микрофлор в различных слоях почв.....	80
Ю. В. Кляусова, А. А. Цыганова, Г. В. Бельская. Применение биогазовых технологий для управления органическими отходами.....	85
О. А. Хитрюк, В. Г. Таранухо. Влияние норм высева и бактериальных препаратов на формирование структуры урожайности и зерновой продуктивности сортов сои в условиях северо-восточного региона Беларуси.....	90
А. Г. Хмарский. Оценка адаптивной способности и экологической стабильности лучших гетерозисных гибридов томата черри.....	95
М. А. Пастухова, З. А. Зайцева, Б. В. Шелюто. Взаимосвязь компонентов структурной клетчатки травяных консервированных кормов.....	101
Чжао Сюэпин, Б. В. Шелюто. Анализ и оценка кормовых ресурсов Китая.....	107

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

Д. А. Линник, А. Ч. Свистун. К вопросу оценки вертикальных колебаний сиденья водителя при движении колесного трактора по неровностям опорной поверхности.....	112
К. Л. Пузевич, А. С. Симченков, А. И. Филиппов. Исследование параметров микроклимата птичника в зимний период и усовершенствование системы автоматического регулирования температуры воздуха.....	120
Д. А. Михеев, К. А. Мачёхин. Влияние скарификации семян галеги восточной на посевные свойства.....	126
В. А. Шаршунов, М. В. Цайц, В. А. Левчук, С. В. Курзенков, И. И. Сергеева, И. А. Савченко. Перспективы развития и совершенствования процесса отделения семенной части от стеблей льна.....	132
Э. В. Дыба, Л. И. Трофимович, П. В. Яровенко, А. И. Пунько. Теоретические предпосылки для расчета основных конструктивно-технологических параметров рабочих органов адаптера разбрасывателя СТТ-25.....	137

МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

А. Л. Мазаева, Ю. Н. Дуброва. Анализ динамики ботанического состава бобово-злакового травостоя в условиях орошения.....	145
А. Л. Мазаева, Ю. Н. Дуброва. Совершенствование конструкции мелкодисперсного дождевателя.....	149

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КРУГОЗОР

М. М. Адилов, А. С. Абдигапбаров. Влияние глубины посева семян на качество и урожайность столовой свёклы при выращивании в весеннем посеве в условиях Республики Каракалпакстан.....	155
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

BULLETIN

OF THE BELARUSSIAN STATE AGRICULTURAL ACADEMY

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

2024 № 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

A. A. Andreenko. Gamification as a tool for labour productivity increase in organizations of agro-industrial sphere.....	5
A. V. Kolmykov. Mechanism of optimization of sizes of agricultural organizations in Belarus.....	11
O. A. Pashkevich. Methodical approaches to the estimation of staffing parameters in the conditions of digitalization of agricultural production.....	21
A. N. Gridiushko, Van Si. Potato growing in China and Belarus: features of development.....	25
I. P. Laburdova, N. M. Korobova. Analysis of tax load on agricultural organizations of Horki district in Mogilev region.....	32
V. I. Buts, Hu Yu-Fei. Theoretical-methodical bases of formation and development of organizational culture in Chinese agricultural corporations.....	40

FARMING AND PLANT-GROWING

M. A. Litarnaia, V. Z. Bogdan, T. M. Bogdan. Adaptation potential of fiber flax collection samples according to flax fiber yield.....	45
T. I. Nikonovich. Duration of blooming of rose varieties of Floribunda group in the collection of the Central Botanical Garden of NAS of Belarus.....	50
A. A. Kuleshova. The influence of macro-, micro-fertilizers and growth regulators on the yield and quality of grain and flour of spring wheat.....	56
B. K. Zhanzakov, F. K. Kulyntai, V. F. Skoblikov, A. I. Lisenovich, E. A. Ten. Using remote sensing and vegetation indices in agricultural practice and science: review.....	60
N. V. Stepanova, S. R. Chuiko. Application of fungicidal treatment agents in fiber flax cultivation technology.....	67

V. V. Vasekha. Biological features of organogenesis of generative buds of peach and selection of adaptive varieties in the conditions of the central zone of horticulture in Belarus.....	71
M. O. Moiseeva, N. N. Zenkova, T. M. Shloma, I. V. Kovaleva, A. M. Sintserova, I. M. Shimko. Energy and protein nutritional content of freshly cut and wilted mass of the first cut of perennial legume grasses.....	76
I. Dzh. Murzaliev, M. M. Saiidkulov. Ecological state of microflora in different soil layers.....	80
Iu. V. Kliausova, A. A. Tsyganova, G. V. Belskaia. Application of biogas technologies for organic wastes management.....	85
O. A. Khitriuk, V. G. Taranukho. The influence of norms of sowing and bacterial preparations on the formation of yield structure and grain productivity of soy varieties in the conditions of the north-eastern region of Belarus.....	90
A. G. Khmarskii. Estimation of adaptive ability and ecological stability of the best heterosis hybrids of cherry tomato.....	95
M. A. Pastukhova, Z. A. Zaitseva, B. V. Sheliuto. Interrelationship of components of structural fiber of grass-based canned foods.....	101
Zhao Xueping, B. V. Sheliuto. Analysis and estimation of forage resources of China.....	107

MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING

D. A. Linnik, A. Ch. Svistun. On the question of assessing vertical oscillations of driver's seat when a wheel tractor is moving over uneven surfaces.....	112
K. L. Puzevich, A. S. Simchenkov, A. I. Filippov. Study of microclimate parameters of a poultry house in winter and improvement of the automatic air temperature control system.....	120
D. A. Mikheev, K. A. Machekhin. The influence of scarification of Galega orientalis seeds on sowing properties.....	126
V. A. Sharshunov, M. V. Tsaits, V. A. Levchuk, S. V. Kurzenkov, I. I. Sergeeva, I. A. Savchenko. Prospects of development and improvement of the process of separation of seed part from flax stem.....	132
E. V. Dyba, L. I. Trofimovich, P. V. Iarovenko, A. I. Punko. Theoretical prerequisites for calculation of the main design and technological parameters of working organs of spreader adapter STT-25.....	137

MELIORATION AND LAND USE PLANNING

A. L. Mazaeva, Iu. N. Dubrova. Analysis of dynamics of the botanical composition of legume-cereal herbage in the conditions of irrigation.....	145
A. L. Mazaeva, Iu. N. Dubrova. Fine-dispersion sprinkler design improvement.....	149

PROFESSIONAL OUTLOOK

M. M. Adilov, A. S. Abdigapbarov. The influence of seed sowing depth on the quality and yield of beetroot grown in spring sowing in the conditions of the Republic of Karakalpakstan.....	155
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 631.158:658.310.16

ГЕЙМИФИКАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ОРГАНИЗАЦИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЫ

А. А. АНДРЕЕНКО

*Республиканское научное унитарное предприятие «Институт системных исследований
в АПК Национальной академии наук Беларуси»
г. Минск, Республика Беларусь, 220108, e-mail: andreenko99@inbox.ru*

(Поступила в редакцию 29.04.2024)

В статье рассмотрена история появления понятия «геймификация», область ее применения и основные направления использования в организациях агропромышленной сферы с целью повышения производительности труда, а также проанализированы положительные и отрицательные стороны внедрения данного инструмента. Это обусловлено тем, что агропромышленный комплекс является важнейшим сектором, который включает в себя производство, переработку и распределение сельскохозяйственной продукции, играя значительную роль в экономике страны. Поэтому работа в рассматриваемой сфере требует заинтересованности, наличия разнообразных навыков и знаний у работников, что обусловлено также ожидаемым ростом мирового спроса на продовольствие.

В последние годы вовлеченность работников сельского хозяйства в деятельность организации стала актуальной проблемой. Следует отметить недостатки существующей системы управления персоналом, в частности, отсутствие обратной связи с руководством, прозрачность систем мотивации и размытость целей. Все это обуславливает снижение производительности труда, а также текучесть кадров. Инновационным инструментом управления трудовой мотивацией работников может послужить геймификация, в основе которой, как и в любой игре, лежит дух соперничества, что повышает результативность деятельности.

Изобретение интернета и использование сетевых технологий вызвало новый виток в развитии деловых игр, в частности геймификации. Данные новации позволят в сфере управления персоналом повысить прозрачность и видимость результатов деятельности работника, улучшить качество коммуникаций, совершенствовать навыки, что в свою очередь приведет к повышению производительности труда.

Ключевые слова: *агропромышленный комплекс, геймификация, элементы геймификации, производительность труда, мотивация труда.*

The article discusses the history of the emergence of the concept of "gamification", the scope of its application and the main areas of use in organizations in the agro-industrial sector in order to increase labor productivity, and analyzes the positive and negative aspects of the implementation of this tool. This is due to the fact that the agro-industrial complex is the most important sector, which includes the production, processing and distribution of agricultural products, playing a significant role in the country's economy. Therefore, work in this area requires interest, a variety of skills and knowledge from employees, which is also due to the expected growth in global demand for food.

In recent years, the involvement of agricultural workers in the activities of the organization has become an urgent problem. It should be noted that there are shortcomings in the existing personnel management system, in particular, the lack of feedback from management, the transparency of motivation systems and the blurring of goals. All this leads to a decrease in labor productivity, as well as staff turnover. Gamification can serve as an innovative tool for managing the labor motivation of employees, which, like any game, is based on the spirit of competition, which increases the effectiveness of activities.

The invention of the Internet and the use of network technologies have caused a new round in the development of business games, in particular gamification. These innovations will allow in the field of personnel management to increase the transparency and visibility of the results of the employee's activities, improve the quality of communications, improve skills, which in turn will lead to increased labor productivity.

Key words: *agro-industrial complex, gamification, elements of gamification, labor productivity, labor motivation.*

Введение

Геймификация, интеграция игровых элементов с целью повышения мотивации и производительности труда в настоящее время является достаточно распространенным явлением в деятельности организаций сферы спорта и туризма, образования и медицины, а также она начинает активно внедряться в бизнес-сообщество. Понимание лежащих в основе психологических механизмов геймификации позволяет стратегически использовать игровые элементы для формирования желаемого поведе-

ния, достижения целей и создания более увлекательного и полезного опыта как в личной, так и в профессиональной среде.

Кроме того, несмотря на столь непродолжительный период концентрации внимания научных исследований вокруг вопроса применения геймификации в различных сферах деятельности, можно однозначно выделить работы, посвященные роли мотивации в повышении производительности труда и общей результативности [1–3]. Акцентируется роль геймификации как новой управленческой технологии, подходы к ее трактовке [4–6], а также элементы игрового дизайна [7–9]. Широкое распространение применения элементов и принципов игрового дизайна в неигровых контекстах различных сфер [10–13].

Однако, что касается агропромышленного комплекса, внедрение геймификации относительно ограничено. В этой связи целью публикации является разработка перспективных направлений геймификации отдельных аспектов управления персоналом в сельскохозяйственных организациях с целью повышения производительности труда.

Теоретической и методологической базой исследований послужили научные труды отечественных и зарубежных авторов по вопросам разработки и внедрения игровых механизмов в неигровых контекстах, статистические данные, экспертные оценки. В процессе исследования использовались различные методы: монографический, абстрактно-логический, экспертных оценок, сравнения и другие.

Основная часть

Появление термина «геймификация» обычно приписывают американскому программисту Никку Пеллингу. Его идея связана с первыми аналитическими данными, подтверждающими эффективность использования игровых практик для различных бизнес-целей, включая привлечение и удержание клиентов. Психолог Гейб Зихерманн рассматривал геймификацию как способ применения игровой механики и мышления для решения неигровых проблем и вовлечения людей в различные процессы. Он являлся вдохновителем продвижения игровых элементов во все аспекты жизни.

На основе своей классификации доктор философии, изучающий глубинную мотивацию в сфере игрового дизайна и геймификации Себастьян Детердинг, в 2011 г. предложил академическое определение геймификации, под которым понимал использование элементов игрового дизайна в неигровых контекстах. Таким образом, он ограничивал геймификацию от комплекса игровых действий, игрового взаимодействия и игрового дизайна.

В свою очередь, К. Вербах и Д. Хантер концентрируют внимание на развитии игрового мышления, считая, что геймификация представляет собой «игру мышления в практике», указывая, что современный процесс конструирования товаров, услуг и сервиса или внутренних систем организации становится элементом сферы игрового дизайна [14].

Своеобразным примером применения деловых игр в обучении работников можно назвать первую в СССР деловую игру для руководителей промышленных предприятий «Пуск цеха», которая проходила в 1932 г. в Ленинградском инженерно-экономическом институте. Цель ее заключалась в подготовке к развертыванию производства в различных условиях, в том числе при нарушении технологии, большой текучести кадров, невыполнения работниками норм, некомплектной подачи деталей на сборку и т. д. [15].

Геймификация основана на теории психологии человеческого поведения, согласно которой практически любое действие может быть спроектировано таким образом, чтобы его можно было выполнять так, как если бы человек находился в игре. В соответствии с теорией Эдварда Деси и Ричарда Райнана человек от природы проактивен и имеет три потребности, которые мотивируют его к саморазвитию: потребность быть компетентным, потребность в общении и потребность в автономии (самостоятельности). Участие в игре позволяет человеку удовлетворять все эти перечисленные потребности, что мотивирует его к выполнению определенных действий [15]. Поэтому желание получить удовольствие является одним из мотиваторов, побуждающих человека увлеченно и с полной отдачей заниматься чем-либо.

Следует отметить, что существует заблуждение в части отождествления геймификации с игрой. Геймификация основана на психологических механизмах, присущих игровому процессу, которые включают: мгновенную обратную связь, измеримость, мотивацию, наглядность результата, вариативность поведения для улучшения личных результатов и корректирующие действия. Таким образом, геймификация обозначает перенос конкретных положительных элементов и характеристик игр в неигровые действия.

Элементы геймификации могут трактоваться по-разному в зависимости от теории гейм-дизайна: MDA-модель (от англ. Mechanics, Dynamics, Aesthetics – механики, динамики, эстетики); DDE-модель

(Design, Dynamics, Experience – дизайн, динамики, опыт); SSM-модель (System, Story, Mental model – система, история, ментальная модель) [16]. Наиболее известной является модель Кевина Вербаха, в основе которой лежат три ключевых элемента: динамика (главный элемент, «фундамент» геймификации), механика (действия, которые вовлекают участников в игру и необходимы для достижения цели) и компоненты (элементы игры, с помощью которых реализуются механики), взаимодействие которых позволяет разработать стратегию геймификации (рис. 1).

В последние годы использование игровых механизмов в неигровых процессах приобрело популярность, отчасти из-за особенностей поколения Y (миллениалы, родились между 1981 и 2000 годами), которые стали основной рабочей силой. Поскольку по прогнозам исследователей к 2025 г. 75 % мировой рабочей силы будут составлять миллениалы, известные своей технической подкованностью, быстрым обучением и склонностью к смене работы, включение элементов геймификации в рабочие процессы станет эффективным инструментом мотивации труда для этого поколения.



Рис. 1. Элементы геймификации

Примечание. Составлено автором на основании собственных исследований.

Согласно данным исследовательской компании Precedence Research, в 2022 г. объем мирового рынка геймификации оценивался в 10 млрд долл США, и по прогнозам, к 2032 г. превысит около 116,68 млрд долл США (рис. 2).

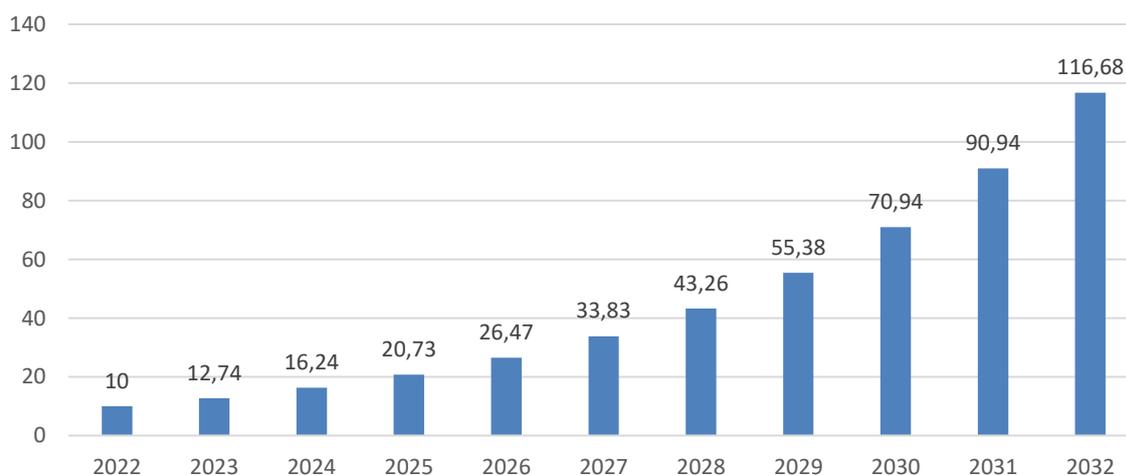


Рис. 2. Объем мирового рынка геймификации 2022-2032 гг., млрд долл США

Примечание. Составлено по данным источника [17].

Основными факторами, которые будут стимулировать рост данного рынка, являются: спрос на вовлечение и обучение сотрудников, значительное расширение сектора здравоохранения для пропаганды здорового образа жизни, использование геймификации в образовательном процессе.

Американские инженеры из Университета Западной Вирджинии провели первое в своем роде исследование, в котором геймификация оценивается как возможный инструмент повышения производительности производства с учетом ключевых производственных показателей (время цикла), рабочей нагрузки оператора и специфических качеств оператора (личности) [18].

Если рассматривать сельское хозяйство, где производительность труда играет важную роль, можно отметить следующие зарубежные примеры, которые демонстрируют внедрение геймификации в самые различные сферы деятельности организаций.

С целью расширения возможностей фермеров принимать решения о выращивании растений, в Гондурасе создали игру AgroDuos, которая напоминает карточную игру, включающую попарное ранжирование признаков сорта [19].

SimPastoralist – игра, разработанная исследователями Калифорнийского университета в Дэвисе, используется в Кении для иллюстрации того, как работает страхование скота. К ее разработке привлекались молодые люди, что послужило средством вовлечения молодежи в этот сектор [20].

В связи со слабой заинтересованностью молодежи связывать свою карьеру с сельским хозяйством, Россельхозбанк в 2023 г. вместе с платформой «Фэктори» от Skillfactory запустили хакатон, в котором участвовало более 50 молодых специалистов. Цель его заключалась в создании за две недели игры на тему агротехнологий с возможностью победителю доработки ее за три месяца. Проектом победителем стала «Цифровая ферма», в сюжетной линии которой лежит возвращение молодого специалиста домой, чтобы применить на практике знания из Школы Фермеров [21].

Мониторинг и оценка процессов кадрового обеспечения сельскохозяйственных организаций свидетельствуют, что количество рабочих мест при повышении технико-технологической оснащенности аграрной отрасли сокращается [22]. Однако в ряде организаций аграрной сферы наблюдается дефицит квалифицированных кадров. Кроме того, как показывает практика, среди молодежи трудоустройство в сельское хозяйство не является привлекательным.

В этой связи при выборе сферы трудовой деятельности, которая представляет собой этап профессионального самоопределения и перспектив дальнейшего карьерного роста и удовлетворенности работой важно уделять внимание инструментам повышения привлекательности работы в отрасли [23].

Изучение показало, что в деятельность отечественных организаций агропромышленного комплекса геймификация может быть внедрена по следующим направлениям в сфере управления персоналом.

1. Профориентационная работа со студентами для привлечения талантливой молодежи. Благодаря использованию не только ярких и наглядных презентаций, но и игр возможно повышение заинтересованности выпускников к аграрной сфере.

2. Подбор и отбор сотрудников. С помощью специально созданных заданий, используя геймификацию, работодатель может оценить не только теоретические компетенции кандидатов, но и их навыки в решении проблем, умение работать в команде.

3. Адаптация персонала, создание корпоративной культуры. Несмотря на наличие чувства дружеского соперничества среди сотрудников в процессе игры, повышается их вовлеченность в деятельность организации, что приводит к сплоченности коллектива.

4. Повышение эффективности обучения. Например, современные методы обучения производственной безопасности с помощью геймификации являются более эффективными с точки зрения усвоения информации.

5. Составление личной траектории развития сотрудника. Создание интерактивных обучающих программ, которые используют игровые элементы, такие, как достижения, баллы и рейтинги.

6. Повышение мотивации, производительности труда и качества обратной связи. Геймификация может помочь эффективно мотивировать работников, дать им возможность учиться и развиваться на работе, а также обеспечить обратную связь в режиме реального времени.

Кроме того, в рамках данного направления, возможно создание мобильных приложений и платформ, которые предлагают игровые элементы для управления ресурсами, мониторинга производственных показателей и взаимодействия с другими участниками отрасли.

При внедрении геймификации в деятельность организаций необходимо учитывать последствия от ее использования, в частности, возможные негативные стороны (таблица).

Последствия внедрения геймификации

Преимущества геймификации	Недостатки геймификации
Повышение прозрачности и видимости результатов деятельности работника	Затраты на создание и необходимость постоянного обновления игр
Улучшение качества коммуникаций между отделами, филиалами и налаживание обратной связи	Наличие чувства соперничества между работниками
Непрерывное совершенствование навыков	Заикленность на результате игры, а не на способе достижения цели
Усиление репутации бренда работодателя, развитие корпоративной культуры в организации	Заинтересованность не всех работников организации в использовании геймификации (например, из-за разного возрастного состава)

Примечание. Таблица составлена автором на основании проведенных исследований.

Среди причин, которые сдерживают внедрение геймификации в деятельность предприятий сферы АПК, отметим:

- консервативность методов ведения сельского хозяйства;
- слабое внедрение цифровых технологий в деятельность сельскохозяйственных организаций, а также отсутствие надежного подключения к Интернету;
- наличие риска, связанного с реализацией стратегии геймификации без гарантированной отдачи от инвестиций;
- недостаточное внимание к обучению и развитию сотрудников.

Кроме того, необходимо отметить, что в настоящее время наблюдается все большее распространение зависимости от смартфонов. Это в свою очередь негативно сказывается на трудовой деятельности, так как происходит полное погружение человека в виртуальную реальность.

Заключение

1. Распространенное до недавнего времени представление о несовместимости игры и работы «делу время – потехе час» не отражает современные тенденции управления и развития персонала. Эта переориентация в отношении управления человеческими ресурсами приведет к повышению мотивации и профессиональной компетентности работников, росту производительности труда и формированию благоприятного социально-психологического климата.

2. Геймификация не может рассматриваться как единственный инструмент, но при грамотном его использовании в комплексе с другими механизмами управления персоналом может способствовать снижению текучести кадров.

3. Решение проблем, связанных с этапами от разработки до внедрения геймифицированных технологий, затратами на их создание и обновление, обучением работников, имеет решающее значение для раскрытия потенциала использования геймификации в аграрной сфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонова Е. Теории мотивации и их значение для управления персоналом [Электронный ресурс] / Hurma.work, 2019 URL: <https://hurma.work/ru/blog/teorii-motivaczii-i-ih-znachenie-dlya-upravleniyapersonalom/> – Дата доступа: 23.04.2024.
2. Кузнецова А. Ю. Основные теории мотивации [Электронный ресурс] / Студенческий: электрон. научн. журн, 2019. – № 2(46). – URL: <https://sibac.info/journal/student/46/129422>. – Дата доступа: 22.04.2024.
3. Чернышов В. В. Основные теории мотивации [Электронный ресурс] / Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум», 2017. URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017033765>. – Дата доступа: 23.04.2024.
4. Артамонова В. В. Развитие концепции геймификации в XXI веке // Историческая и социально-образовательная мысль. – 2018. – № 10. – С. 37–43.
5. Муравская С. А., Смирнова М. М. Геймификация: подходы к определению и основные направления исследований в менеджменте // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. – 2019. – № 18 (4). – С. 510–530.
6. Sharma, D., and Sharma, J. (2023). Evolution of Gamification, Its Implications, And its Statistical Impact on the Society. *ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts*, 4(2SE), pp. 8–20.
7. Mekler E. D., Brühlmann F., Tuch A. N., Opwis K. Towards understanding the effects of individual gamification elements on intrinsic motivation and performance / *Computers in Human Behavior*. – 2017. – № 71, pp. 525–534.
8. Robson K., Plangger K., Kietzmann J., McCarthy I. P., Pitt L.: Is it all a game? Understanding the principles of gamification // *Business Horizons journal*, Elsevier, 2015. [Electronic resource]. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/275059704>
9. Вербах К., Хантер Д. Вовлекай и властвуй. Игровое мышление на службе бизнеса; пер. с англ. А. Кардаш. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2015. – 224 с.
10. Зикерманн Г., Линдер Дж. Геймификация в бизнесе: как пробиться сквозь шум и завладеть вниманием сотрудников и клиентов; пер. с англ. И. Айзятуловой. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 272 с.
11. Маркеева А. В. Дискуссионные вопросы развития и применения геймификации в управлении персоналом современной организации // *Лидерство и менеджмент*. – 2020. – № 3. – С. 439–458.
12. Косов М. Е. Современные тенденции геймификации в юридической индустрии // *Вестник Московского университета МВД России*. – 2019. – № 6. – С. 293–300.
13. Асташова Н. А., Бондырева С. К., Попова О. С. Ресурсы геймификации в образовании: теоретический подход // *Образование и наука*. – 2023. – Т. 25. – № 1. – С. 11–45.

14. Инновационный менеджмент в управлении человеческими ресурсами: учебник для вузов / А. П. Панфилова и др.; под общей редакцией А. П. Панфиловой, Л. С. Киселевой. Электрон. дан. – Москва: Юрайт, 2021. – 313 с.
15. Архипова Н. И., Назайкинский С. В., Седова О.Л. Современные проблемы управления персоналом: монография / – Москва: Проспект, 2018. – 160 с.
16. Геймификация: как не заиграться? [Электронный ресурс] / EduTech информационно-аналитический журнал. СберУниверситет, 2021. – № 40. – URL: https://sberuniversity.ru/upload/iblock/9a0/EduTech_40_web_2.pdf. – Дата доступа: 08.04.2024.
17. Gamification Market (By Component: Solution, Service; By Deployment Model: On Premise, Cloud; By Enterprise Size: Large Enterprises, SMEs; By Application: Sales & Marketing, Product Development, Human Resource, Support, Others; By Industry Vertical: Retail, Education, IT and telecom, BFSI, Manufacturing, Media and Entertainment, Other) – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023-2032 [Electronic resource]. – URL: <https://www.precedenceresearch.com/gamification-market>. – Date of access: 12.04.2024.
18. Makenzie D., Ashish N., Thorsten W., The effects of gamification for manufacturing (GfM) on workers and production in industrial assembly. – Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2024. № 88 [Electronic resource]. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736584524000085>
19. Steinke J, van Etten J. Gamification of farmer-participatory priority setting in plant breeding: design and validation of «AgroDuos». – Journal of Crop Improvement, 2017. № 31(2) [Electronic resource]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/316274421_Gamification_of_farmer-participatory_priority_setting_in_plant_breeding_Design_and_validation_of_AgroDuos. – Date of access: 28.03.2024.
20. Feed the Future Innovation Lab for Markets, Risk & Resilience – Family Insurance to Expand Drought Protection to Women in Kenya’s Arid Rangelands [Electronic resource]. – URL: <https://www.farm-d.org/app/uploads/2023/04/insuresilience-casestudy-kenya2023.pdf>. – Date of access: 28.03.2024.
21. Зумеры на цифровой ферме: РСХБ-Интех и Skillfactory создали онлайн-игру [Электронный ресурс]. – URL: <https://svoevagro.ru/news/zumery-na-tsifrovoy-ferme-rskhb-intekh-i-skillfactory-sozdali-onlayn-igru>. – Дата доступа: 03.04.2024.
22. Пашкевич О. А., Антоненко М. Н., Лёвкина В. О. Разработка модели модернизации социально-трудовых отношений в сельскохозяйственных организациях, структурной модели формирования профессионального престижа работников в сельском хозяйстве, предложений по развитию инфраструктуры села // Совершенствование организационно-экономических механизмов управления в АПК: вопросы теории и методологии / В. Г. Гусаков [и др.]; под ред. В. Г. Гусакова. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2023. – С. 118–125.
23. Пашкевич О. А., Недюхина О. М., Мангутова В. В. Методические аспекты профессиональной ориентации молодежи на выбор занятости в сельском хозяйстве // Сб. науч. тр. «Проблемы экономики». – Горки: УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – Вып. 2 (35). – С. 118–132.

МЕХАНИЗМ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ БЕЛАРУСИ

Ал. В. КОЛМЫКОВ

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

(Поступила в редакцию 10.06.2024)

В статье рассматривается механизм оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций Беларуси. Представлен анализ проблемы эффективного функционирования различных по размеру сельскохозяйственных организаций. Приведено новое понятие оптимального размера сельскохозяйственной организации. Разработаны теоретические основы, концептуальные положения и механизм оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций, включающий совокупность факторов, принципов, требований, критериев обуславливающих эффективность хозяйств и алгоритм его функционирования. Факторы, влияющие на оптимизацию размеров сельскохозяйственных организаций, состоят из природно-климатических условий, земельных, трудовых ресурсов, финансово-экономического состояния, уровня развития инфраструктуры. Принципы оптимизации основываются на соответствии организационной структуры целям и задачам организации, обеспечении сбалансированности ресурсов, рациональном использовании производственных мощностей, эффективной системе управления, повышении конкурентоспособности сельскохозяйственных организаций. Также представлена модель механизма оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций с критерием оптимальности на получение максимума валовой добавленной стоимости. Приведен поэтапный алгоритм функционирования механизма оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций. В свою очередь оптимизация размеров хозяйств имеет решающее значение в увеличении доходов населения, занятого в сельскохозяйственном производстве, обеспечении достойной оплаты труда, создании дополнительных источников дохода, привлечении молодых специалистов в сельскую местность. Также оно должно обеспечить повышение престижности жизни в сельских населенных пунктах, создание привлекательных рабочих мест, развитие малого и среднего бизнеса, поддержку творческих инициатив и сохранение культурного наследия. Процесс оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций должен соответствовать определённым требованиям: целесообразности и обоснованности; эффективности и результативности; недопущения негативных социальных последствий. Практическая реализация механизма оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций позволит повысить их экономическую эффективность, создать комфортные условия жизни сельским жителям и поднять престижность проживания в сельской местности, способствуя устойчивому социально-экономическому развитию Республики Беларусь.

Ключевые слова: оптимизация, размер, сельскохозяйственная организация, механизм, административный район, землепользование, алгоритм функционирования.

The article considers the mechanism of optimization of the size of agricultural organizations in Belarus. The analysis of the problem of effective functioning of agricultural organizations of different sizes is presented. A new concept of the optimal size of an agricultural organization is given. Theoretical foundations, conceptual provisions and a mechanism for optimizing the size of agricultural organizations have been developed, including a set of factors, principles, requirements, criteria that determine the efficiency of farms and the algorithm of its functioning. Factors influencing the optimization of the size of agricultural organizations consist of natural and climatic conditions, land, labor resources, financial and economic status, and the level of infrastructure development. The principles of optimization are based on the compliance of the organizational structure with the goals and objectives of the organization, ensuring a balance of resources, rational use of production capacities, an effective management system, and increasing the competitiveness of agricultural organizations. A model of the mechanism for optimizing the size of agricultural organizations with an optimality criterion for obtaining the maximum gross added value is also presented. A step-by-step algorithm for the functioning of the mechanism for optimizing the size of agricultural organizations is given. In turn, optimization of farm sizes is of crucial importance in increasing the income of the population engaged in agricultural production, ensuring decent wages, creating additional sources of income, attracting young professionals to rural areas. It should also ensure an increase in the prestige of life in rural areas, the creation of attractive jobs, the development of small and medium businesses, support for creative initiatives and the preservation of cultural heritage. The process of optimizing the size of agricultural organizations must meet certain requirements: feasibility and validity; efficiency and effectiveness; prevention of negative social consequences. Practical implementation of the mechanism for optimizing the size of agricultural organizations will increase their economic efficiency, create comfortable living conditions for rural residents and raise the prestige of living in rural areas, contributing to the sustainable socio-economic development of the Republic of Belarus.

Key words: optimization, size, agricultural organization, mechanism, administrative district, land use, operating algorithm.

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется созданию условий для устойчивого развития хозяйственных субъектов сельского хозяйства как части агропромышленных кластеров административных районов. Эти условия должны способствовать самокупаемости, самофинансированию и коммерческому успеху предприятий. Важное значение имеет разработка эффективных мер, направленных на повышение производительности, качества и конкурентоспособности продукции, основанного на инновационном развитии через технико-технологическое обновление сельскохозяйственных орга-

низаций. Возникает необходимость создания механизма оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций, что позволит сформировать эффективную организационно-территориальную базу для ведения сельскохозяйственного производства. В республике Беларусь существуют крупные сельскохозяйственные организации, которые за многие годы своей работы зарекомендовали себя как устойчивые формы хозяйствования. Однако многие из них имеют недостаточно оптимальные размеры, что негативно сказывается на их хозяйственной деятельности. Необходимо стремиться к формированию оптимальных размеров сельскохозяйственных организаций, соответствующих их производственным параметрам и организационно-производственной структуре, для повышения эффективности деятельности предприятий.

Важно отметить, что исследованием размеров сельскохозяйственных организаций в разное время занимались многие отечественные и зарубежные исследователи. Тем не менее, вопрос оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций как части агропроизводственного кластера административных районов Беларуси остается недостаточно изученным. Сущность оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций в условиях рыночной экономики требует более детального исследования.

Следовательно, необходимо разработать механизм оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций и алгоритм его функционирования.

Основная часть

Проведенные исследования показывают, что на крупных предприятиях технический уровень производства значительно выше и более совершенен, что обеспечивает выпуск продукции более высокого качества при одновременном снижении удельной стоимости рабочей силы и других ресурсов, что приводит к общему снижению издержек и увеличению рыночного спроса на нее. Специализация и внедрение современных технологий в сельское хозяйство и животноводство делают его более доступным для крупных сельскохозяйственных организаций. У них появляется возможность внедрять мелиорацию земель, комплексную химизацию, механизацию и автоматизацию производства в более широком масштабе. Их преимущество перед небольшими хозяйствами заключается в более рациональном использовании основного производственного оборудования и меньших накладных расходах на единицу продукции.

В ходе исследований установлено, что развитие сельскохозяйственной отрасли неизменно связано с вопросом масштаба производства. Исследования показывают, что крупные предприятия обладают рядом преимуществ, которые позволяют им более эффективно производить продукцию, оптимизируя затраты и повышая качество.

Выполненные нами исследования показывают, что преимущества крупных сельскохозяйственных организаций следующие:

1. Техническое превосходство, заключающееся в высоком уровне автоматизации и механизации. Крупные предприятия могут позволить себе инвестировать в современное оборудование, которое значительно повышает производительность и сокращает затраты на рабочую силу. На крупных предприятиях используются специализированные технологии, оптимизированные для конкретных видов сельскохозяйственной деятельности. Это позволяет им выращивать высококачественную продукцию, минимизируя потери и увеличивая урожайность. Механизация всех этапов производства, от обработки почвы до сбора урожая, повышает скорость и эффективность работ, что позволяет производить больше продукции за меньшее время. Использование GPS-технологий и точного земледелия позволяет оптимизировать расход удобрений, пестицидов и других ресурсов, снижая затраты и негативное влияние на окружающую среду.

2. Эффективное использование ресурсов, получаемое за счет того, что огромные площади позволяют использовать основное оборудование максимально эффективно, снижая затраты на единицу продукции. Снижение накладных расходов, обеспечиваемое за счет того, что крупные предприятия имеют более низкие накладные расходы на единицу продукции, так как административные и управленческие функции распределяются на большую производственную базу. Возможность доступа к более доступному финансированию, так как крупные предприятия привлекают инвестиции и кредиты на более выгодных условиях, что позволяет им инвестировать в новые технологии и расширять производство.

3. Эффективное управление, проявляющееся в углубленной специализации производства и профессионализме трудового коллектива. Крупные предприятия могут привлекать высококвалифицированных специалистов, которые обладают знаниями в различных сферах сельского хозяйства. Посто-

янное совершенствование организации и управления производством, заключающееся в том, что крупные предприятия имеют возможность внедрять инновации и постоянно совершенствовать технологии, повышая эффективность и качество продукции. Улучшенное управление рисками, обеспечивающееся тем, что крупные предприятия имеют более устойчивое финансовое положение, что позволяет им более эффективно управлять рисками, связанными с изменением погоды, колебаниями цен и другими непредсказуемыми факторами.

4. Доступность ресурсов и мероприятий по улучшению качества земель, заключающееся в том, что крупные предприятия имеют возможность проводить мелиорацию земель, повышая их плодородие и производительность. Также внедряют комплексную химизацию, включающую более рациональное использование удобрений, пестицидов и других химических средств, что позволяет увеличить урожайность и снизить потери, нанесённые вредителями и болезнями. Кроме этого, крупные предприятия могут позволить себе создать собственную инфраструктуру, включающую дороги, склады, транспортные средства и другие необходимые элементы.

5. Снижение стоимости конечного продукта и повышение конкурентоспособности. Крупные предприятия могут производить продукцию по более низкой цене за счет экономии, обеспечивающейся масштабом, что позволяет им быть более конкурентоспособными на рынке. Более низкие цены на продукцию позволяют обеспечить доступность продовольствия для большего количества населения.

Исследования показывают, что будущее сельского хозяйства тесно связано с развитием робототехники, включая роботов, которая может быть использована для выполнения различных задач в сельском хозяйстве, таких как доение коров, обработка почвы, посадка и сбор урожая.

Поэтому развитие сельского хозяйства требует сбалансированного подхода, который учитывает преимущества как крупных, так и мелких предприятий. Крупные предприятия обладают преимуществами за счет масштаба и инновационных технологий, а мелкие хозяйства более гибкие и адаптивные. Также развитие инфраструктуры, государственная поддержка и инновационные технологии играют важную роль в успехе сельскохозяйственной отрасли. Будущее сельского хозяйства Беларуси обещает быть инновационным и устойчивым, что позволит обеспечить продовольственную безопасность и сохранить окружающую среду. Исходя из этого, нами разработана концептуальная схема механизма оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций (рис. 1).

В ходе исследований установлено, что условия развития отдельных районов оказывают значительное влияние на размеры землепользования хозяйств и, следовательно, на эффективность сельскохозяйственного производства. Эти различия проявляются в различных аспектах:

– природно-территориальные условия, формирует специфические агроэкологические условия хозяйствования;

– экономические условия, такие как уровень развития инфраструктуры (транспортные коммуникации, энергоснабжение, доступ к рынкам сбыта), наличие квалифицированной рабочей силы, уровень механизации сельского хозяйства, доступ к кредитным ресурсам. Все эти факторы играют важную роль в формировании экономической привлекательности сельскохозяйственной деятельности в различных районах;

– социальные условия, состоящие из демографических показателей, уровня образования населения, уровень жизни. Все это влияет на доступность рабочей силы и ее квалификацию, на спрос на сельскохозяйственную продукцию, а также на уровень жизни сельского населения.

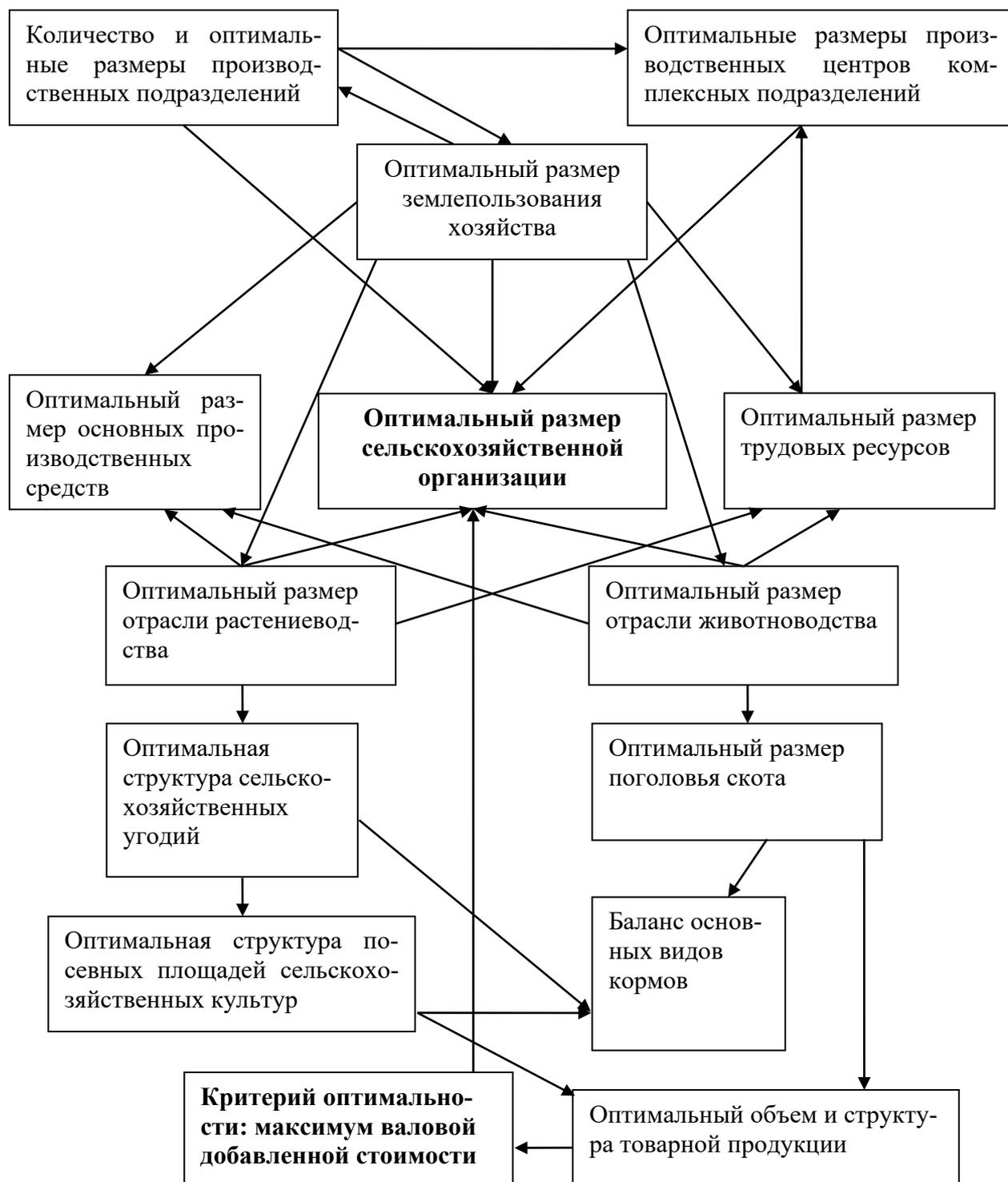


Рис. 1. Концептуальная схема механизма оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций

Оптимизация размеров сельскохозяйственных организаций является сложным процессом, который должен основываться на следующих основных принципах:

1. Соблюдение законодательных актов. Важно, чтобы оптимизация размеров сельскохозяйственных организаций проводилась в строгом соответствии с действующим законодательством. Это позволит обеспечить правовую определенность и стабильность в процессе оптимизации размеров хозяйств, предотвратить возникновение конфликтов между сельхозпроизводителями и государством, гарантировать устойчивость и долгосрочность изменений в землепользовании.

2. Выбор организационно-правовой формы хозяйствования (акционерное общество, сельскохозяйственный кооператив, агрохолдинг) должен быть обусловлен рациональным использованием земель,

рабочей силы и средств производства. Каждая организационно-правовая форма имеет свои особенности. Правильный выбор организационно-правовой формы позволит оптимизировать структуру управления, более эффективно использовать ресурсы, увеличить рентабельность производства.

3. Оптимизация размеров сельскохозяйственных организаций должна учитывать особенности конкретных территорий. Природные условия определяют оптимальные размеры земельных участков для различных сельскохозяйственных культур, а также влияют на выбор технологий производства. Экономические условия определяют возможность привлечения инвестиций, приобретения техники, внедрения новых технологий. Социальные условия влияют на доступность рабочей силы, а также на спрос на сельскохозяйственную продукцию. Учет всех этих факторов позволит сформировать оптимальные размеры хозяйств, эффективно использовать земельные ресурсы, обеспечить конкурентоспособность на рынке.

4. Комплексный характер оптимизации размеров организации, который заключается в проведении с оптимизацией территории и производства. Это означает, что необходимо проанализировать организационно-производственную структуру хозяйства, определить перспективные направления развития производства, разработать план оптимизации размеров хозяйства с учетом всех факторов. Такой комплексный подход позволит увеличить эффективность использования ресурсов, повысить рентабельность производства, увеличить конкурентоспособность хозяйства на рынке.

5. Важно определить потребность в капитальных объектах, обеспечить их эффективное использование, снизить затраты на их содержание. Это позволит освободить ресурсы для развития производства, увеличить рентабельность хозяйства, создать более благоприятные условия труда для работников.

Исследования показывают, что оптимизация размеров сельскохозяйственных организаций является комплексной задачей, требующей учета множества факторов, организационно-производственной структуры и оптимального использованием ресурсов.

Также нами установлено, что важно учитывать социальные аспекты, так как от эффективности сельского хозяйства зависит продовольственная безопасность страны и благополучие ее граждан. Ключевые требования к размеру сельскохозяйственной организации можно выделить следующие:

1. Оптимальный размер хозяйства должен соответствовать особенностям производства, обеспечивая эффективное использование трудовых ресурсов, техники и материальных средств. Организационно-производственная структура хозяйства, определяющая его специализацию, должна быть взаимосвязана с размером.

2. Для эффективного управления и координации производственных процессов крупные хозяйства могут быть разделены на несколько производственных подразделений. Размер этих подразделений также должен быть оптимальным и соответствовать виду производства. Это позволит создать более гибкую и адаптивную систему управления и повысить эффективность использования ресурсов.

3. Важно учитывать специфику региона, климатические условия и спрос на конкретные виды продукции.

4. Состав и структура земель хозяйства должны быть оптимальными и соответствовать его специализации. Так, для животноводческого хозяйства важно иметь в составе земель достаточно пастбищ и сенокосов. При выборе специализации хозяйства необходимо учитывать качество почв, рельеф местности и климатические условия.

5. Компактность землепользования – это ключевой фактор эффективного использования ресурсов. Растянутое землепользование приводит к дополнительным затратам на транспортировку и управление. Так, в идеале, землепользование хозяйства должно представлять собой единый массив земель без вклинивания, вкрапливания, чересполосицы, дальнотельных и других территориальных недостатков.

6. Совпадение границ с естественными рубежами. Это позволит снизить затраты на строительство и содержание заборов, а также упростить управление и контроль за территорией.

7. Оптимальное использование ресурсов. Важно учитывать перспективы развития хозяйства и инновационные технологии, которые могут повысить эффективность использования ресурсов.

8. Стабильность землепользования. Частые перемены в землепользовании могут привести к снижению эффективности использования ресурсов и ослаблению экономической стабильности хозяйства.

В ходе исследований установлено, что оптимальные размеры землепользования должны отвечать следующим четырем критериям:

1. Реальность. Размер хозяйства должен быть реалистичным и соответствовать конкретным условиям и ресурсам региона.

2. Устойчивость. Размер хозяйства должен обеспечить его экономическую устойчивость и возможность развития в долгосрочной перспективе.

3. Достоверность. Определение оптимального размера хозяйства должно основываться на достоверных данных о ресурсах и производственных возможностях.

4. Прогрессивность. Оптимальный размер хозяйства должен позволить применять новейшие технологии и методы производства, способствуя повышению эффективности и конкурентоспособности.

Также в ходе исследований нами установлено, что при оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций важно учитывать множество следующих практических аспектов:

1. Специализация хозяйства. Разные виды сельскохозяйственной деятельности требуют разных размеров хозяйств. Так, для производства молока необходимы пастбища и кормовые участки, а для выращивания зерновых нужно большое количество пашни.

2. Технологический уровень. Применение современных технологий и механизации может позволить увеличить производительность труда и снизить затраты, что позволит сократить необходимый размер хозяйства.

3. Рыночная конъюнктура. Изменения на рынке сельскохозяйственной продукции могут требовать пересмотра размера и специализации хозяйства.

4. Социальные факторы. При оптимизации размеров хозяйств необходимо учитывать социальные факторы, такие как занятость населения и уровень жизни в сельской местности.

Оптимизация размеров сельскохозяйственных организаций – это сложная, но необходимая задача, от решения которой зависит эффективность и конкурентоспособность сельскохозяйственного производства. Важно использовать комплексный подход, учитывая все важные факторы, и стремиться к достижению баланса между экономической эффективностью и социальной ответственностью. Необходимо создавать условия для развития сельского хозяйства, поддерживая инновации, эффективное управление и создание конкурентоспособных сельскохозяйственных организаций.

Выполненные нами исследования позволили разработать механизм оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций (МОПСО), который представляет собой систему основополагающих организационных и экономических концептуальных положений, совокупность взаимосвязанных рычагов и факторов, предопределяющих оптимальные размеры хозяйства с учетом природных, территориальных, социально-экономических и других условий, а также специфики производства. Модель МОПСО, интерпретированная по критериям эффективности, целесообразного ресурсосбережения и максимум валовой добавленной стоимости представлена на рис. 2.

Составляющими механизма оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций является система следующих блоков: организационно-производственного, финансово-экономического, информационного, законодательно-нормативного и ресурсного. Каждый из представленных блоков выполняет определенные функции в формировании оптимальных размеров сельскохозяйственных организаций. Критерием оптимальности размеров выступает максимум валовой добавленной стоимости.



Рис. 2. Модель механизма оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций

Проведенные нами исследования позволили разработать алгоритм функционирования механизма оптимизации размера сельскохозяйственной организации, включающий пять этапов (рис. 3).

Так, на первом этапе определяется оптимальный размер землепользования. Для этого используются модели для хозяйств с различной структурой. Учитываются количество производственных подразделений, конфигурация землепользования, размещение хозяйственного центра, кривизна дорог, уровень сельскохозяйственной освоенности территории.

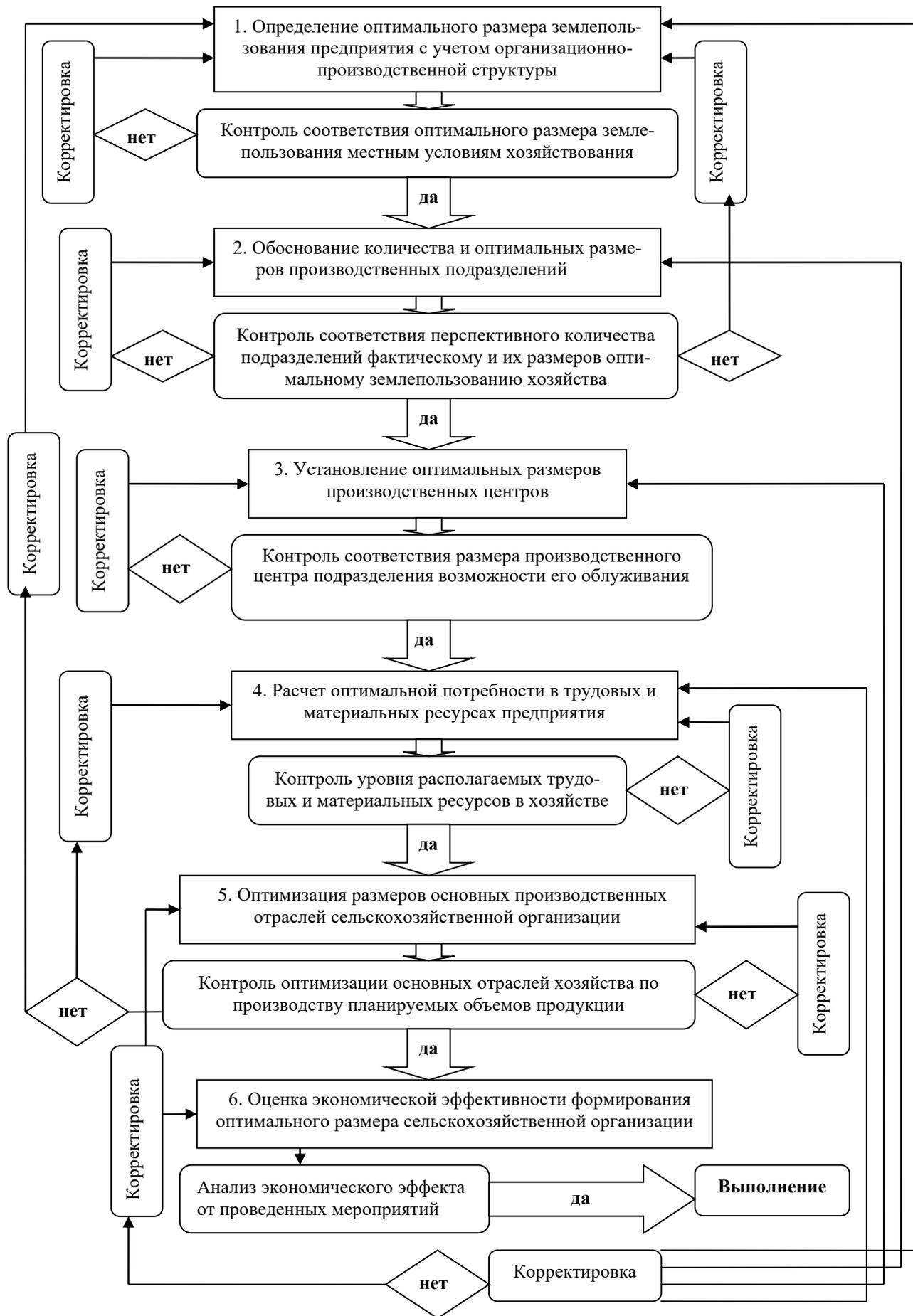


Рис. 3. Алгоритм функционирования модели МОРСО

На втором этапе обосновывается количество и размеры производственных подразделений. На основе анализа устанавливаются перспективные хозяйственные центры. Закрепляется за центрами площади возделываемых земель. На третьем этапе определяются оптимальные размеры производственных центров. При этом учитываются: производственная программа, специализация хозяйства, технологические особенности производства, трудовые ресурсы, материально-техническое обеспечение.

На четвертом этапе определяется оптимальная потребность в трудовых и материальных ресурсах предприятия.

На пятом этапе выполняется оптимизация размеров основных производственных отраслей сельскохозяйственной организации, применив предлагаемую блочно-диагональную модель (рис. 4). В ходе получения решения модели определяется оптимальная структура посевных площадей с учетом: агроэкологических условий, рыночной конъюнктуры, научно-обоснованных севооборотов. Рассчитывается оптимальное поголовье скота, потребность в кормах, семенах, удобрениях, пестицидах исходя из соответствующих нормативов прогрессивных технологий производства.

На заключительном этапе оптимизации осуществляется расчет экономических показателей (прибыль, рентабельность, себестоимость продукции и др.). Результаты расчетов используются для корректировки исходных данных и выбора наиболее эффективного варианта оптимизации. Данный алгоритм может быть адаптирован к различным типам сельскохозяйственных организаций и условиям хозяйствования.

Предложенный алгоритм оптимизации размера сельскохозяйственной организации позволяет комплексно подойти к решению задачи повышения эффективности производства и конкурентоспособности организаций АПК.

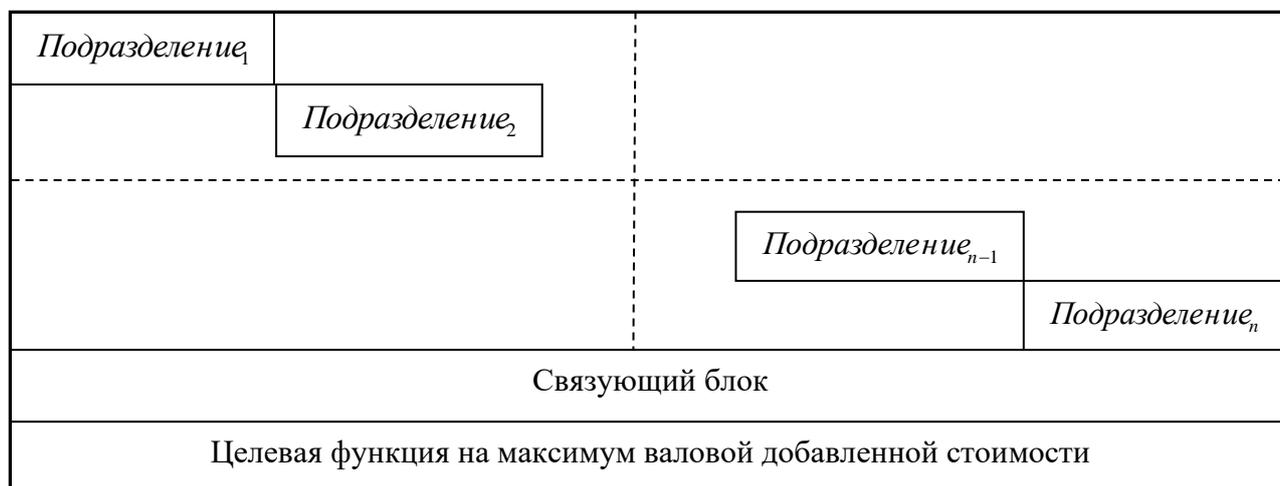


Рис. 4. Блок-схема экономико-математической модели оптимизации размеров основных отраслей производства сельскохозяйственной организации

Основные блоки модели взаимосвязаны ограничениями связующего блока и целевой функцией (1):

$$F = \sum_{j \in J_0} \sum_{s \in S_0} \sum_{i \in I_4} p_{ij} d_{ijs} x_{js} - \sum_{s \in S_0} \hat{x}_s - \sum_{s \in S_0} \sum_{i \in I_6} \hat{c}_{is} \hat{x}_{is} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где x_{js} – расчетный размер отрасли j , производственного подразделения s ;

\hat{x}_s – материальные затраты производственного подразделения s ;

\hat{x}_{is} – кредит, выделенный на приобретение основных производственных средств вида i в подразделении s ;

p_{ij} – стоимость единицы товарной продукции вида i отрасли j , тыс. руб.

d_{ijs} – выход товарной продукции i с единицы отрасли j , производственного подразделения s ;

\hat{c}_{is} – сумма денежных средств для возмещения единицы кредита, выделенного на приобретение основных производственных фондов вида i , в производственном подразделении s ;

Заключение

Обобщая вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Механизм оптимизации размера сельскохозяйственной организации – задача комплексная, требующая учёта множества взаимосвязанных факторов. В основе лежит принцип экономической целесообразности, то есть построение такой системы производства, которая позволит получить максимальную отдачу при минимальных затратах. При оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций необходимо рационально сочетать производственные единицы, ресурсы и отрасли производства. Важно определить оптимальную площадь землепользования, оптимизировать количество и структуру производственных подразделений, рассчитать потребности в трудовых и материальных ресурсах, установить наиболее эффективную структуру и объёмы производства.

2. Оптимальный размер сельскохозяйственной организации – это гармонично сбалансированная система, где все элементы взаимодействуют и дополняют друг друга. Так, площадь землепользования должна соответствовать количеству доступной техники, рабочей силы и инфраструктурных объектов. Кроме этого оптимальный размер хозяйства должен обеспечивать высокую рентабельность производства, то есть соотношение прибыли к затратам. При этом важно учитывать сохранение и улучшение качества земельных ресурсов.

3. При оптимизации размеров сельскохозяйственных организаций необходимо учитывать все факторы, которые влияют на размер хозяйства, и выбирать такой размер, который позволит получить максимальный экономический эффект при минимальных издержках. Также важно отметить, что оптимальный размер не является константой, а зависит от конкретных условий и изменяется со временем. Поэтому необходимо регулярно анализировать факторы, влияющие на размер хозяйства, и вносить необходимые коррективы в его деятельность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – 2021. – 5/49584.
2. Pot, F.; Koster, S.; Tillema, T. Perceived accessibility in Dutch rural areas: Bridging the gap with accessibility based on spatial data. *Transp. Policy* 2023, 138, 170–184
3. Cattaneo, A.; Adukia, A.; Brown, D.L.; Christiaensen, L.; Evans, D.K.; Haakenstad, A.; McMenomy, T.; Partridge, M.; Vaz, S.; Weiss, D.J. Economic and social development along the urban–rural continuum: New opportunities to inform policy. *World Dev.* 2022, 157, 105941.
4. Selod, H.; Shilpi, F. Rural-urban migration in developing countries: Lessons from the literature. *Reg. Sci. Urban Econ.* 2021, 91, 103713.
5. Wang, W.; Gong, H.; Yao, L.; Yu, L. Preference heterogeneity and payment willingness within rural households' participation in rural human settlement improvement. *J. Clean. Prod.* 2021, 312, 127529.
6. Yang, J.; Yang, R.; Chen, M.-H.; Su, C.-H.; Zhi, Y.; Xi, J. Effects of rural revitalization on rural tourism. *J. Hosp. Tour. Manag.* 2021, 47, 35–45.
7. Колмыков Ал. В. Обеспечение устойчивого социально-экономического развития административного района как кластерной организации: рекомендации производству. – Горки: БГСХА, 2023. – 243 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

О. А. ПАШКЕВИЧ

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

(Поступила в редакцию 03.06.2024)

В статье изложены методические подходы к оценке количественных и качественных потребностей в цифровых компетенциях работников в условиях цифровизации аграрного производства, требуемое информационное обеспечение, установлены их преимущества и недостатки. Их актуальность обусловлена активным внедрением автоматизированных и информационных систем в различных направлениях деятельности аграрных предприятий, возрастающей ролью цифровых технологий в производственных и управленческих процессах субъектов хозяйствования аграрной сферы, их ориентированностью на повышение эффективности хозяйственной деятельности, а также на рациональное использование ресурсов, в том числе и трудовых, ростом требований со стороны нанимателей к цифровым компетенциям выпускников, наличием барьеров перехода на цифровые технологии. Становление новых бизнес-моделей, а также усложнение функциональной нагрузки на персонал в условиях цифровизации требует уточнения направлений кадровой политики, а также применения нового мотивационного инструментария во избежание сопротивления переменам и новшествам. Предложена схема анализа количественных и качественных параметров кадрового обеспечения цифрового развития аграрного производства, которая включает перечень этапов (изучение структуры потребностей и оценка их удовлетворения, анализ спроса и предложения на услуги дополнительного образования, оценка требуемых ресурсов в системе дополнительного образования), раскрыто их содержание, а также используемый методический инструментарий. Практическая реализация результатов исследования будет способствовать устранению субъективных и объективных барьеров и стимулированию широкого внедрения цифровых технологий и систем для эффективного управления аграрным производством.

Ключевые слова: сельское хозяйство, кадры, кадровое обеспечение, цифровизация, аграрное производство.

The article presents methodological approaches to assessing the quantitative and qualitative needs for digital competencies of employees in the context of digitalization of agricultural production, the required information support, and identifies their advantages and disadvantages. Their relevance is due to the active implementation of automated and information systems in various areas of agricultural enterprises, the growing role of digital technologies in production and management processes of business entities in the agricultural sector, their focus on improving the efficiency of business activities, as well as the rational use of resources, including labor, increasing demands from employers for digital competencies of graduates, and the presence of barriers to the transition to digital technologies. The emergence of new business models, as well as the complication of the functional load on personnel in the context of digitalization, requires clarification of the directions of personnel policy, as well as the use of new motivational tools in order to avoid resistance to change and innovation. A scheme for analyzing quantitative and qualitative parameters of personnel support for the digital development of agricultural production is proposed, which includes a list of stages (studying the structure of needs and assessing their satisfaction, analyzing supply and demand for additional education services, assessing the required resources in the additional education system), their content is disclosed, as well as the methodological tools used. Practical implementation of the research results will help eliminate subjective and objective barriers and stimulate the widespread introduction of digital technologies and systems for effective management of agricultural production.

Key words: agriculture, personnel, personnel support, digitalization, agricultural production.

Введение

Вопрос кадрового обеспечения субъектов хозяйствования АПК, роль которого возросла с внедрением новых технологий и инструментов цифровизации, является одним из значимых в кадровой политике.

Сельскохозяйственные организации и предприятия АПК начали внедрять и использовать современные способы обработки информации и цифровизации производственных и управленческих процессов – системы управления взаимоотношениями с клиентами, планирования ресурсов предприятия, управления поставками, производством продукции, жизненным циклом продукта, складской инфраструктурой, робототехнические системы и др.

Решающее значение при использовании цифровых технологий в сельском хозяйстве, как показывает практика, имеют знания, навыки и мастерство работников, которые могут эффективно управлять ими, применять весь потенциал цифровых инструментов. В экономике Республики Беларусь постепенно изменяется структура персонала, растет доля работников с компетенциями в сфере использования информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) [1, 2].

Активное внедрение автоматизированных и информационных систем в различных направлениях (растениеводство, животноводство, учет кадров, учет и обслуживание техники и оборудования и т.д.) предопределяет постоянный мониторинг и изучение параметров кадрового обеспечения с целью установления необходимости повышения квалификационного уровня работников, совершенствования учебно-методического, информационного и материально-технического обеспечения системы ос-

нового и дополнительного образования работников АПК в условиях цифрового развития аграрного производства.

Теоретической и методологической базой исследований послужили научные труды отечественных и зарубежных авторов по вопросам кадрового обеспечения субъектов хозяйствования аграрной отрасли в условиях внедрения цифровых инструментов, статистические данные, социологические опросы, экспертные оценки. В процессе исследования использовались различные методы: монографический, абстрактно-логический, обобщения и аналогий, экспертных оценок, сравнения.

Основная часть

Изучение показало, что субъекты хозяйствования аграрной сферы начинают постепенно внедрять современные способы обработки информации и цифровизации производственных и управленческих процессов для повышения эффективности хозяйственной деятельности, с одной стороны, и для ресурсосбережения, с другой [3].

Использование цифровых технологий происходит по широкому спектру направлений: реализация цифровых решений в растениеводстве и животноводстве с целью оптимального расходования ресурсов и сокращения издержек, поиск информации и ее обработка, налаживание эффективных коммуникаций как с поставщиками, так и потребителями, изучение маркетинговых предпочтений, осуществление поиска, подготовки и переподготовки персонала и др. Кроме того, цифровые технологии сокращают использование живого труда на повторяющихся, монотонных, рутинных, трудоемких и низкоквалифицированных операциях, снижают степень физической нагрузки на работника и позволяют точно нормировать график труда и отдыха с целью повышения эффективности трудовой деятельности.

Наряду с этим важно учитывать изменения, которые происходят в структуре занятости трудовых ресурсов в связи с цифровой трансформацией для выработки взвешенных управленческих решений в сфере рынка труда и рабочих мест: исчезновение ряда профессий и специальностей, возникновение потребности в новых компетенциях работников.

Социологические опросы руководителей сельскохозяйственных организаций свидетельствуют о росте требований со стороны нанимателей за последние 10 лет к таким качествам и компетенциям выпускников, как владение современными информационными технологиями обработки массивов данных, осведомленность об инновационных производственных технологиях [4]. В этой связи, подчеркивается важность оказания им поддержки в повышении «цифровой грамотности» трудовых ресурсов через совершенствование системы подготовки кадров для использования цифровых технологий [5].

Исследование опыта цифрового развития аграрного производства показало, что субъективными барьерами перехода на цифровые технологии выступают [6–10]: неготовность инфраструктуры (из-за высокой стоимости, а также рисков внедрения), недостаточный уровень квалификации кадров, а в силу этого и нежелание их осваивать, сложности обучения сотрудников работе с новыми технологиями, налаживания коммуникаций, а также недостаток пользовательского опыта. Для их устранения целесообразно повысить уровень готовности к использованию новых технологий среди различных субъектов, вовлеченных в аграрную сферу (уровень цифровой грамотности и цифровой культуры): студенты и выпускники учреждений образования аграрного профиля, работники сельскохозяйственных организаций.

Создание новых бизнес-моделей, а также усложнение функциональной нагрузки на персонал в условиях цифровизации, трансформация системы коммуникаций предопределяет необходимость уточнения направлений кадровой политики (преимущественно организационного блока, критерием эффективности функционирования которого выступает укомплектованность штатной численности и сбалансированность профессионально-квалификационной структуры персонала) и применение нового мотивационного инструментария (исходя из требований социально ответственной реструктуризации, а также техники преодоления сопротивления переменам и новшествам). В этой связи специалистам сельскохозяйственных организаций, а также руководителям крестьянских (фермерских) хозяйств необходимо систематическое повышение квалификации и профессиональных компетенций на основе информационно-консультационной и экспертной поддержки в ходе тестирования и внедрения цифровых технологий в производственные и управленческие процессы на базе высокотехнологичных сельскохозяйственных организаций и фермерских хозяйств, где широко используются новейшие цифровые решения.

Важным компонентом цифровизации аграрного производства является внесение изменений в образовательные программы подготовки кадров, которые предлагают и реализуют учреждения системы аграрного образования. Это предопределяет разработку новых учебных планов «Цифровая аграрная экономика», «Цифровое растениеводство», «Цифровое животноводство», «Цифровой менеджмент» и т.п. [11].

Изучение практики кадрового обеспечения субъектов хозяйствования аграрной отрасли показало, что оценку количественных и качественных потребностей в цифровых компетенциях целесообразно проводить с использованием следующих методов (табл. 1).

Таблица 1. Методы оценки количественных и качественных потребностей в цифровых компетенциях

Метод	Требуемая информация	Преимущества	Недостатки
Маркетинговое исследование в ходе проведения тематических семинаров, предметных рабочих встреч, отраслевых круглых столов, практикумов с участием экспертов	Определение качественных характеристик целевой аудитории	Участие целевой заинтересованной аудитории	Оценка может носить субъективный, несистемный и неполный характер
Отраслевые (секторальные) исследования	Наличие статистических и экспертных данных по отрасли (сектору) в части профессий и требованиям к профессиональным навыкам	Комплексный характер для отрасли (сектора) и учет их специфики	Оценка может носить обобщенный характер
Обследования работодателей	Готовность работодателей к опросам и анкетированию	Непосредственное участие заинтересованных сторон	Оценка может носить формальный характер, быть трудоемкой и затратной
Обоснование моделей количественного прогнозирования текущих и будущих потребностей	Статистические данные по состоянию рынка труда (сектор, профессия, квалификация) и трудовым ресурсам (возраст, пол, образование, стаж) в динамике	Имеет комплексный, последовательный характер, данные поддаются измерению и анализу	Оценка требует значительного объема данных в динамике, может быть трудоемкой и затратной
Прогнозирование количественных и качественных параметров кадрового обеспечения	Квалифицированные эксперты с опытом сбора и обработки разнообразной качественной информации	Непосредственное участие заинтересованных сторон, обеспечивает учет факторов неопределённости за счет многовариантности сценариев	Оценка может носить несистемный характер
Обследования мобильности выпускников, получивших знания в области цифровой экономики	Первичные данные о выпускниках, их контактные данные с целью систематизации, тестирование	Обеспечение полезной информацией для корректировки учебных программ и повышения их качества	Сложности в получении подробной информации и контактных данных для формирования или выборки группы населения в целях проведения обследования

Примечание. Таблица составлена с использованием источника [12].

Принимая во внимание тот факт, что сельскохозяйственные организации уже внедряют и используют цифровые технологии в аграрном производстве нами предложена схема анализа количественных и качественных параметров кадрового обеспечения. Суть ее состоит в выполнении ряда этапов, которые позволяют оценить использование цифровых технологий с позиции требуемых знаний и навыков (табл. 2).

Таблица 2. Схема анализа количественных и качественных параметров кадрового обеспечения цифрового развития аграрного производства

Наименование этапа	Содержание	Используемый инструментарий
Изучение структуры потребностей	Определение набора компетенций на текущий период и на краткосрочную перспективу (базовые, промежуточные, продвинутые)	Экспертная оценка, опросы, анкетирование
Оценка удовлетворения потребностей	Определение источников удовлетворения потребностей (учреждения образования, отраслевые лаборатории, специализированные курсы, круглые столы, демонстрационные площадки и т.п.)	Маркетинговое исследование
Анализ спроса на услуги дополнительного образования	Оценка спроса с стороны организаций АПК, а также физических лиц, заинтересованных в смене квалификации и получении дополнительной квалификации	Социологическое исследование
Анализ предложения услуг дополнительного образования	Изучение содержания и практического компонента образовательных программ и образовательных стандартов	Мониторинг и анализ данных учреждений образования и учебных центров
Оценка требуемых ресурсов в системе дополнительного образования	Оценка наличия преподавательских кадров, устойчивой взаимосвязи с аграрными предприятиями через методические и практические компоненты, наличие помещений, техники и т.п.	Маркетинговое исследование, экспертная оценка

Примечание. Таблица составлена по данным проведенных исследований [11].

В связи с внедрением цифровых технологий в производственные и управленческие процессы актуализировалось решение вопроса профессионального образования работников сельского хозяйства, который является ключевым в кадровой политике. Осуществление цифровизации аграрной отрасли предопределяет опережающую подготовку, переподготовку и повышение квалификации кадров. Для этого нужно формировать оптимальные образовательные программы, модули и технологии, обеспечивая более эффективную организацию процесса образовательной подготовки для заказчика (потребителя рабочей силы). Это в совокупности представляет отраслевую электронную образовательную среду. При этом приоритетное направление должно иметь дополнительное профессиональное образование с целью совершенствования знаний и навыков руководителей и специалистов, способных поддерживать внедрение цифровых процессов в сельское хозяйство.

Заключение

1. Исследования показали, что цифровые технологии становятся более сложными и комплексными, и их использование требует соответствующего кадрового обеспечения по количественным и качественным параметрам. Это предопределяет оценку текущего уровня цифровых навыков, а также прогнозирования будущих потребностей в них на базе обоснованных инструментов оценки с целью построения эффективного механизма освоения и внедрения в производство цифровых технологий.

2. Изучены действующие подходы к оценке параметров кадрового обеспечения в условиях цифрового развития аграрного производства. Исследования показали, что такую оценку следует проводить согласно следующим этапам: базовая оценка потребностей в цифровых навыках, анализ имеющихся цифровых навыков и прогноз потребностей в них. Подходы могут быть различными, определяться возможностями и потребностями заинтересованных сторон. Однако для этого требуется практико-ориентированный учебный процесс и консультативно-внедренческая работа.

3. Установлено, что новое качество кадрового потенциала отрасли в условиях цифровизации экономики достигается при осуществлении следующих направлений: определение требований к компетенциям сотрудников для работы в условиях цифровизации и которые используют информацию как производственный ресурс; определение текущих и перспективных потребностей в кадрах цифровых специальностей; развитие общих и специальных компетенций сотрудников в сфере цифровизации.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» (подпрограмма 9.7 «Экономика АПК») НИР 7.5.1 «Разработка методологических подходов и предложений по устранению барьеров и стимулированию широкого внедрения цифровых технологий и систем для эффективного управления аграрным производством».

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационное общество в Республике Беларусь: статист. сб. / Нац. статист. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2021. – 95 с.
2. Информационное общество в Республике Беларусь: статист. сб. / Нац. статист. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2023. – 65 с.
3. Использование цифровых технологий в Республике Беларусь в 2022 году: статист. бюлл. / Нац. статист. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2023. – 118 с.
4. Дубежинский Е. В., Трапьянок Н. Г., Вильдфлуш Е. И. Профессиональные компетенции выпускников аграрных УВО и возможности работодателей для их привлечения и закрепления: инф.-аналит. бюллетень. – Горки: БГСХА, 2024. – 36 с.
5. Международный опыт развития цифровизации в АПК: государственная поддержка, регулирование, практика [Электронный ресурс] // Департамент агропромышленной политики ЕЭК. – Режим доступа: <https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/d62/Mezhdunarodnyy-opyt-razvitiya-tsifrovizatsii-v-APK-gosudarstvennaya-podderzhka-regulirovanie.pdf>. – Дата доступа: 11.03.2024.
6. Кулистикова Т. Цифровизация как неизбежность. Какие digital-решения использует агросектор [Электронный ресурс] // Агроинвестор. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/36772-tsifrovizatsiya-kak-neizbezhnost-kakie-digital-resheniya-ispolzuet-agrosektor/>. – Дата доступа: 24.04.2024.
7. Кирилова О. В. Кадровые проблемы перехода на цифровые технологии животноводства // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 8. – С. 1297–1300.
8. Субаева А. К., Мавлиева Л. М. Готовность кадров к восприятию и внедрению современной техники и технологий в сельскохозяйственное производство // Вестник Казанского ГАУ. – 2018. – № 3. – С. 147–150.
9. Самарханов Т. Г., Демишкевич Г. М. Пути повышения роли дополнительного аграрного образования в условиях цифровизации и инновационного развития АПК // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2022. – № 12. – С. 58–64.
10. Карашева, Н. Цифровая трансформация в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cdto.work/2023/03/15/cifrovaja-transformacija-v-selskom-hozjajstve/>. – Дата доступа: 29.01.2024.
11. Пашкевич, О.А. Кадровое обеспечение процессов цифровизации в сельском хозяйстве // Наука и инновации. – 2022. – № 6. – С. 31–35.
12. Руководство по оценке цифровых навыков [Электронный ресурс] // Международный союз электросвязи. – Режим доступа: https://academy.itu.int/sites/default/files/media2/file/20-00227_1f_Digital_Skills_assessment_Guidebook_R.pdf. – Дата доступа: 24.04.2024.

КАРТОФЕЛЕВОДСТВО В КИТАЕ И БЕЛАРУСИ: ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ**А. Н. ГРИДЮШКО, ВАН СИ**

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

(Поступила в редакцию 10.06.2024)

Считается, что картофель наряду с рисом, пшеницей и кукурузой входит в четверку основных продуктов питания в мире. Интерес к картофелю в Китае начал расти после Великого китайского голода. Значительный рост производства произошел в начале 1990-х гг. В этот период Китай после распада СССР вышел в мировые лидеры по объемам производства картофеля. Правда, уровень потребления картофеля на душу населения в Китае остается существенно ниже среднемирового. Более 70 % картофеля в Китае выращивается в районах, избавившихся от нищеты, картофелеводство приносит местным аграриям треть доходов. Картофель всегда был важен для Китая потому, что благодаря ему расширялся рацион питания у граждан и он помогал справляться с продовольственными кризисами, вызванными ростом населения. Решая проблему голода, высокоурожайный картофель, несомненно, являлся одним из стимуляторов социального и экономического развития страны.

Валовые сборы картофеля в Китае в 2021–2022 гг. за счет экстенсивных и интенсивных факторов превысили средний уровень 1961–1965 гг. почти в 7 раз. Несмотря то, что численность населения за период наблюдения выросла почти в 2,2 раза (до 1460 млн человек), обеспечен рост среднедушевого производства картофеля в 2021–2022 гг. в 3,3 раза по сравнению с 1961–1965 гг.

Разнообразие климатических зон позволяет получать в Китае свежий картофель в отличие от Беларуси не только летом и осенью, но и в феврале–апреле, а также получать по два урожая в год в некоторых центральных районах.

Согласно прогнозу ученых, спрос на продовольствие в Китае будет увеличиваться более, чем на 100 млн тонн в год, однако сокращение площади пахотных земель, вызванное быстрым ростом городов, не способствует увеличению производства зерна в Китае, и ожидается, что 50 % прироста производства продуктов питания в ближайшие 20 лет будет приходиться на картофель.

Основными проблемами картофелеводства в Китае следует признать: недостаточно развитое семеноводство, значительные (до 13 %) потери урожая при хранении, низкий уровень вовлечения картофеля в переработку.

Площади под картофелем в Беларуси неуклонно снижаются: с 1960 г. по 2022 г. они сократились на 850 тыс. га, или на 83 %. Максимальный валовой сбор был достигнут в 1970 г. – 13,2 млн тонн. В 2022 г. в Китае произведено картофеля почти в 25 раз больше, чем в Беларуси.

Некоторые эксперты оценивают уровень самообеспеченности картофелем на уровне 100 % с учетом специфики рациона питания китайцев. При этом в Беларуси этот уровень всегда был выше 100 %. Так, в 2022 г. в Беларуси уровень производства картофеля на душу населения составил 391 кг, что выше китайского уровня в 6 раз.

В Китае с его растущим внутренним спросом на продовольствие естественным выглядит наращивание производства картофеля. В Беларуси наблюдается сокращение емкости и доступности внешних рынков, сокращение населения сужает внутренний рынок. Поэтому производители идут на сокращение площадей и объемов производства.

Потенциал сотрудничества Китая и Беларуси видится в решении общих проблем в картофелеводстве. Так, возможно сотрудничество в решении проблем в области семеноводства. Перспективным может стать совместное развитие технологий хранения и переработки картофеля.

Ключевые слова: картофель, картофелепродукты, картофелеводство, зоны производства картофеля, рацион питания, рынок.

Potatoes are considered to be one of the world's four staple foods, along with rice, wheat and corn. Interest in potatoes in China began to grow after the Great Chinese Famine. A significant increase in production occurred in the early 1990s. During this period, after the collapse of the USSR, China became a world leader in potato production. However, the level of potato consumption per capita in China remains significantly lower than the world average. More than 70% of potatoes in China are grown in areas that have gotten rid of poverty; potato farming brings in a third of the income for local farmers. Potatoes have always been important for China because they expanded the diet of citizens and helped cope with food crises caused by population growth. By solving the problem of hunger, high-yielding potatoes were undoubtedly one of the stimulators of the country's social and economic development. Gross potato harvest in China in 2021–2022, due to extensive and intensive factors, exceeded the average level of 1961–1965 by almost 7 times. Despite the fact that the population during the observation period increased by almost 2.2 times (up to 1,460 million people), the average per capita potato production in 2021–2022 increased by 3.3 times compared to 1961–1965.

The diversity of climatic zones makes it possible to obtain fresh potatoes in China, unlike Belarus, not only in summer and autumn, but also in February–April, and also to obtain two harvests per year in some central regions.

According to scientists' forecasts, the demand for food in China will increase by more than 100 million tons per year, but the reduction in arable land caused by the rapid growth of cities does not contribute to an increase in grain production in China, and it is expected that 50 % of the increase in food production in the next 20 years will come from potatoes. The main problems of potato growing in China should be recognized as: underdeveloped seed production, significant (up to 13 %) crop losses during storage, low level of potato processing.

The area under potatoes in Belarus is steadily declining: from 1960 to 2022, it decreased by 850 thousand hectares, or 83 %. The maximum gross harvest was reached in 1970 – 13.2 million tons. In 2022, China produced almost 25 times more potatoes than Belarus.

Some experts estimate the level of self-sufficiency in potatoes at 100 %, taking into account the specifics of the Chinese diet. At the same time, in Belarus this level has always been above 100 %. Thus, in 2022, the level of potato production per capita in Belarus was 391 kg, which is 6 times higher than the Chinese level.

In China, with its growing domestic demand for food, it seems natural to increase potato production. In Belarus, there is a reduction in the capacity and availability of external markets, and a decrease in population is narrowing the domestic market. Therefore, producers are reducing areas and production volumes.

The potential for cooperation between China and Belarus is seen in solving common problems in potato growing. Thus, cooperation in solving problems in the field of seed production is possible. Joint development of potato storage and processing technologies may be promising.

Key words: *potatoes, potato products, potato growing, potato production zones, diet, market.*

Введение

Считается, что картофель наряду с рисом, пшеницей и кукурузой входит в четверку основных продуктов питания в мире.

Картофель известен в Китае уже более 400 лет, в Беларуси – около 350 лет. За это время чуждому поначалу продукту удалось стать не только одним из важных элементов местной кухни, но и частью национальной культуры. Картофель стал важнейшей продовольственной культурой для обеих стран потому, что благодаря ему расширялся рацион питания у населения, и он помогал справляться с продовольственными кризисами.

В белорусском языке за картофелем закрепилось название «бульба» – от лат. *Vulbus*, что значит «клубень» или «луковица». Русское слово «картофель» происходит от немецкого *Kartoffel*, которое восходит к слову «трюфель».

Интерес к картофелю в Китае начал расти после Великого китайского голода. Значительный рост производства произошел в начале 1990-х гг. В этот период Китай после распада СССР вышел в мировые лидеры по объемам производства картофеля. Правда, уровень потребления картофеля на душу населения в Китае остается существенно ниже среднемирового. Более 70 % картофеля в Китае выращивается в районах, избавившихся от нищеты, картофелеводство приносит местным аграриям треть доходов.

В 2015 г. Китайская академия наук рекомендовала властям принять стратегию продвижения картофеля в качестве основного продукта питания (наряду с рисом, пшеницей и кукурузой) для обеспечения внутренней продовольственной безопасности страны. В 2016 г. правительство Китая выпустило «Руководящие указания по содействию развитию картофелеводства». Впоследствии в провинциях и городах также были приняты соответствующие меры, направленные на наращивание производства и повышение спроса на картофель.

Выбор в пользу картофеля был сделан неслучайно. Ученые основывались на том, что эта культура может выращиваться практически в любом районе Китая, она требует меньше воды (в сравнении с пшеницей и рисом) и довольно питательна. В условиях, когда стране приходится кормить пятую часть населения мира, а сельскохозяйственные угодья неуклонно сокращаются из-за роста городов, эти критерии являются критически важными. Ожидается, что к 2030 году население страны достигнет 1,5 млрд человек и Китаю потребуется дополнительно производить больше продовольствия.

Основная часть

Считается, что картофель в Китае появился в период правления Ваньли династии Мин (1572–1620 гг.). Подтверждение этому исследователи находят в книгах, написанных в тот период. Так, Цзян Икуй описывал в своем труде все необычные предметы и события, с которыми сталкивался, и упомянул о картофеле – «похожем по вкусу на арахис». То, что картофель вошел в перечень диковинок, говорит о том, что в то время культура была еще мало распространена в Китае [1].

В Беларусь картофель в 1676 г. из Западной Европы привез Франтишек Стефан Сапега, который был чашником Великого князя Литовского, то есть заведовал винными погребами [2]. Значит, в Беларуси культура стала распространяться несколько десятилетий позже, чем в Китае.

Судьба картофеля примерно одинакова в обеих странах. Сначала он выступал деликатесом для богатых и знатных людей, и только спустя многие десятилетия получает распространение среди широких слоев населения.

В Китае первоначально картофель выращивался в районе Пекин-Тяньцзинь, но к концу династии Мин и началу династии Цин он распространился в другие регионы. Технология производства совершенствовалась, росла урожайность. Картофель стал доступен для широких слоев населения. В середине правления династии Цин в Китае наблюдался быстрый рост населения, что увеличило спрос на продукты питания. Продовольственный кризис привел к первому пику выращивания картофеля.

В этот период жители некоторых районов страны научились перемалывать картофель в муку и продавать продукцию переработки по всей стране.

С первых лет правления императора Цяньлуна (время правления: 1735–1796 гг.) крестьяне получили возможность свободно перемещаться по стране. Благодаря этому семена картофеля и методы посадки распространились дальше, даже в отдаленные юго-западные и северо-западные регионы и на южное плато Шаньси. Картофель хорошо адаптировался к сложной природной среде и демонстрировал довольно высокую урожайность даже на бедных почвах: одно растение давало больше десятка клубней, для тех времен это было удивительно.

В эпоху Даогуана (1820–1850 гг.) картофель начали выращивать в центральных и северных районах провинции Шаньси, постепенно она стала основным регионом производства картофеля в стране. В начале XIX века картофель в значительных объемах производился в провинциях Юньнань, Гуйчжоу, Шаньси и Ганьсу.

Важно отметить, что картофель был особенно популярен в высокогорных районах с низким уровнем производства зерна, где раньше росла только гречиха. Он был основным источником пищи для бедняков, и как следствие, стал ассоциироваться с бедностью.

При этом в отдельных регионах картофелю удалось завоевать позиции типичного регионального продукта, служащего основой для приготовления любимых национальных блюд. Так, жители Северо-Востока полюбили «картофель, тушеный со свинными ребрышками», на Севере и Северо-Западе можно найти множество вариантов жареных картофельных ломтиков, а в провинции Юньнань готовят «картофельные ломтики с соленьями». Региональные китайские блюда из картофеля предлагались в заведениях, специализирующихся на кухнях внутренних районов, а картофель фри и картофельное пюре подавали в кафе западного типа.

Картофель всегда был важен для Китая потому, что благодаря ему расширялся рацион питания у граждан и он помогал справляться с продовольственными кризисами, вызванными ростом населения. Для понимания масштабов проблемы отметим динамику численности жителей: в 1741 г. население Китая составляло 143 млн человек, в 1790 г. – 301 млн, в 1835 г. – 402 млн, в 1946 г. – 500 млн. Решая проблему голода, высокоурожайный картофель, несомненно, являлся одним из стимуляторов социального и экономического развития страны.

Правительство Китая рассматривало картофель как средство борьбы с нищетой. Бедные районы страны, в основном, сконцентрированы в горах, где царит довольно жесткий климат, не хватает транспортной инфраструктуры. Развитие производства картофеля в этих регионах не только обеспечивало жителей пищей, но и увеличило доходы многочисленных семейных ферм, так как выращивать картофель здесь рентабельнее, чем рис, пшеницу, сою или кукурузу.

Еще одна причина особого внимания к картофелю в Китае – пропаганда идей здорового питания. Картофель содержит широкий спектр витаминов, минералов и фитонутриентов и, по мнению китайских ученых, просто необходим в рационе как жителей мегаполисов, так и деревень. Согласно специально разработанным рекомендациям диетологов, в ежедневный рацион детей до 14 лет нужно включать 25–50 г картофеля, норма ежедневного потребления несовершеннолетних старше 14 лет и взрослых – 50–100 г. [1].

Министерство сельского хозяйства и сельских дел КНР создало техническую систему картофелеводства, проведены исследования и разработки ключевых технологий на всех критически важных участках производственного цикла, внедряется механизация и интеллектуализация процесса выращивания. В стране было разработано более 300 видов основных картофельных продуктов питания и более 100 серий переработанной продукции из этой культуры.

В Китае работают 16 региональных центров селекции и семеноводства картофеля, выделены специальные средства на создание 2 кластеров картофелеводства и зарегистрировано 378 высокоурожайных сортов картофеля, которые устойчивы к болезням [3].

В XX в. интерес к картофелю в Китае начал увеличиваться в 1960-х и начале 1970-х годов, после Великого китайского голода (1959–1961 гг.). Затем резкий скачок производства произошел в 1993 г. на фоне резкого спада объемов выращивания в Европе. В этот период Китай вышел на передовые позиции на международной арене производства картофеля. Правда, уровень производства и потребления картофеля на душу населения в Китае оставался существенно ниже среднемирового.

С 1991 года (после распада СССР) Китай занял первое место в мире по посевным площадям и объему производства картофеля. Нами проведено динамическое выравнивание параметров развития картофелеводства в Китае путем исчисления средних показателей по пятилетиям (табл. 1).

Таблица 1. Параметры развития картофелеводства в Китае в 1961–2022 гг.

Годы	Площадь, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. тонн	Производство на душу населения, кг
1961–1965	1521	90,4	13752	19,6
1966–1970	1982	95,5	18923	23,6
1971–1975	2103	116,9	24591	27,3
1976–1980	2174	119,1	25901	26,5
1981–1985	2422	110,0	26653	25,3
1986–1990	2699	108,6	29310	25,6
1991–1995	3122	130,7	40806	33,3
1996–2000	4155	143,2	59483	46,6
2001–2005	4679	147,9	69223	52,5
2006–2010	4566	150,4	68693	50,4
2011–2015	4955	169,2	83815	59,6
2016–2020	4629	192,8	89252	61,7
2021–2022	5754	165,1	94997	65,1

Примечание: рассчитано на основании источника [4].

Только за 1960-е гг. площади под картофелем выросли более чем в 1,5 раза (с 1301 тыс. га в 1961 г. до 2002 – в 1970 г.). Затем резкий рост площадей наблюдался в 1990-е гг. и в 2021 г., когда они впервые достигли 5783 тыс. га, что составило около 4,7 % посевных площадей Китая.

Интенсивность использования ресурсов в растениеводстве отражает показатель урожайности. Исследование динамики урожайности в Китае показывает, что она ниже среднемировой во все периоды наблюдения. В середине 1960-х гг. урожайность картофеля составляла всего 80–90 ц/га. На уровень более 100 ц/га Китай уверенно вышел в конце 1960-х гг. Заметное увеличение урожайности было достигнуто в начале 1990-х гг., а максимум ее получен в 2019 г. – около 222 ц/га. В целом вторая половина 2010-х гг. отражает высокую результативность предпринимаемых правительством мер по развитию картофелеводства.

Валовые сборы картофеля в 2021–2022 гг. за счет экстенсивных и интенсивных факторов превысили средний уровень 1961–1965 гг. почти в 7 раз. Несмотря на рост населения за период наблюдения почти в 2,2 раза до 1460 млн человек обеспечен рост среднедушевого производства картофеля в 2021–2022 гг. в 3,3 раза по сравнению с 1961–1965 гг.

В Китае выделяют четыре основные зоны производства картофеля.

Северная монокультурная зона занимает 50 % общей площади под картофелем. В нее входят провинции Хэйлунцзян, Цзилинь, Ляонин и автономный район Внутренняя Монголия. Здесь производится основная часть семенного картофеля. Посадка проводится в конце апреля – начале мая, уборка продолжается с сентября по октябрь.

Юго-западная зона смешанных посевов (35 % общей площади картофеля). Включает провинции Сычуань, Гуйчжоу, Юньнань, часть провинций Хунань, Хубэй, муниципалитет Чунцин, район Тибет. Картофель, произведенный на этой территории, в основном используется для потребления в свежем виде. Примечательно, что здесь посадка проводится с сентября по ноябрь, а уборка – с февраля по апрель.

Центральная зона двойной посадки (10 % от общей площади выращивания картофеля). В нее входят провинции Цзянси, Цзянсу, Чжэцзян, Аньхой, Шаньдун и Хэнань. Полученный урожай используется для потребления в свежем виде и отправляется на экспорт. Весенняя посадка проводится с февраля по март, уборка – с мая по июнь. Осенний картофель сажают в июле – августе и собирают в октябре – ноябре.

Зона озимых культур (5 % от общей площади). К ней относятся провинции Гуандун, Фуцзянь, Гуанси и Хайнань. Картофель, произведенный в этом регионе, предназначен для использования в свежем виде и на экспорт. Посадка производится в октябре – ноябре, уборка – в феврале – марте.

Провинции Сычуань, Ганьсу, Гуйчжоу, Юньнань и муниципалитет Внутренняя Монголия являются лидерами по объемам производства картофеля в Китае, на их долю приходится около 60 % получаемой продукции [5, 6].

Объем урожая свежего картофеля сезона 2022/23 (с сентября по август) – около 93 млн тонн, что немного ниже прошлогоднего результата (95 млн тонн). Причиной падения сбора стало сокращение посевных площадей в северной зоне выращивания. Часть фермеров отдали приоритет сое, так как государство ввело целый ряд мер, стимулирующих рост производства этой культуры из-за возникших проблем с поставками сои и продуктов из нее по импорту.

Согласно прогнозу ученых, спрос на продовольствие в Китае будет увеличиваться более чем на 100 млн тонн в год, однако сокращение площади пахотных земель, вызванное быстрым ростом городов, не способствует увеличению производства зерна в Китае, и ожидается, что 50 % прироста производства продуктов питания в ближайшие 20 лет будет приходиться на картофель. Однако нарастить производство картофеля будет непросто, поскольку Китай уделяет первостепенное внимание выращиванию зерна и масличных культур. Ученые предлагают решить проблему путем использования озимых пахотных земель, которые остаются под паром после уборки урожая позднего риса в Южном Китае (около 16 млн га). По крайней мере, четверть этой земли может быть использована под картофель.

Китайские фермеры широко используют ручной труд в картофелеводстве и малогабаритную технику китайского производства. Более 30 % сельхозпроизводителей имеют сажалки, 25 % собирают картофель с помощью уборочной техники. Крупные картофельные компании применяют технику в течение всего сезона выращивания, для посадки, ухода и сбора урожая.

Большинство фермеров продают свою продукцию через посреднические компании, также некоторые фермеры продают картофель на местных рынках. Фермеры не поставляют картофель напрямую в супермаркеты, и только небольшая часть картофеля специально готовится к продаже. Часть продукции после сбора урожая закладывается на хранение. В Китае достаточно современных хранилищ, оснащенных вентиляционным оборудованием, холодильниками [5].

Картофель в Китае пропагандируется в качестве основного продукта питания всеми возможными способами. В соответствии с предпочтениями китайских потребителей, было разработано большее разнообразие привлекательных картофельных продуктов, включая картофельный хлеб на пару, картофельную лапшу и муку. Было выведено на рынок более 200 продуктов из картофеля, таких как замороженный картофель фри, картофельные чипсы, картофельные пироги, картофельные закуски, картофельный ликер и всякие другие завлекательные вкусности. Это ускорило спрос и на сырой картофель. Так, картофель в Китае стал четвертым основным продуктом питания, наряду с рисом, пшеницей и кукурузой, исторически не являясь главной частью китайской диеты.

По разным причинам картофель имеет большой потенциал для дальнейшего увеличения посевных площадей и урожайности в Китае, чем рис, пшеница или кукуруза. В существующих условиях в краткосрочной перспективе можно прогнозировать увеличение средней урожайности картофеля до 220 ц/га и рост посевных площадей с 5,6 млн га до 8,0 млн га. По прогнозам аналитиков, дальнейший рост производства картофеля поможет компенсировать неспособность зерновых культур полностью покрыть потребности в питании населения с учетом целей национальной продовольственной безопасности. Агрономические преимущества картофеля такие, как засухоустойчивость, географическая адаптивность и высокая урожайность, могут сэкономить ресурсы и частично отказаться от более затратного производства зерновых.

Ограничением для производства картофеля в Китае является то, что существует недостаточно районированных сортов. Следовательно, необходимы дополнительные усилия для использования ресурсов зародышевой плазмы с целью получения новых сортов. Безвирусный семенной картофель – еще одна проблема, так как он очень дорог в Китае. Наконец, нужно развитие китайской картофелеперерабатывающей промышленности. В настоящее время на переработку идет только 5–10 % производимого картофеля, в то время как в Соединенных Штатах более 70 % урожая картофеля идет на переработку. Необходимы дополнительные исследования и развитие инфраструктуры для транспортировки и хранения картофеля [6].

Картофелеводством в Китае в основном занимаются личные подсобные хозяйства (более 90 % производства). Преобладание в производстве ЛПХ, которые чаще всего не могут обеспечить необходимые условия хранения, приводит к высоким потерям урожая: ежегодно из-за ненадлежащих условий Китай теряет до 13 % общего сбора картофеля [7].

Основные параметры развития картофелеводства в Беларуси приведены в табл. 2.

Таблица 2. Параметры развития картофелеводства в Беларуси в 1960–2022 гг.

Годы	Площадь, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. тонн	Производство на душу населения, кг
1960	1023	104,0	10641	1321
1965	1000	121,1	12116	1425
1970	959	138,0	13234	1470
1975	878	145,1	12736	1367
1980	784	119,0	9333	973
1985	708	149,1	10553	1063
1990	622	138,1	8590	842
1991–1995	720	131,5	9466	927
1996–2000	687	121,1	8321	824
2001–2005	536	156,4	8385	854
2006–2010	399	204,4	8156	854
2011–2015	304	201,6	6128	648
2016–2020	204	218,8	4463	473
2021–2022	174	208,7	3631	391

Примечание: рассчитано на основании источников [4, 8, 9]

Анализ таблицы показывает, что площади под картофелем в Беларуси неуклонно снижаются: с 1960 г. по 2022 г. они сократились на 850 тыс. га или на 83 %. Максимальный валовой сбор был достигнут в 1970 г. – 13,2 млн тонн. Кстати, в первой половине 1960-х годов валовые сборы картофеля в Беларуси были близки к китайским. В дальнейшем наблюдался существенный разрыв в пользу Китая. В 2022 г. Китай произвел картофеля в почти 25 раз больше Беларуси.

Урожайность картофеля в Беларуси была выше, чем в Китае в 1960–1975 гг. Затем в 1975–2000 гг. показатели выхода урожая сблизались. Начиная с 2001 г., Беларусь имеет преимущество в урожайности. Более высокая урожайность в Беларуси обеспечивается преимущественно за счет более высоких доз удобрений и более развитого семеноводства культуры.

Некоторые эксперты оценивают уровень самообеспеченности картофелем на уровне 100 % с учетом специфики рациона питания китайцев. При этом в Беларуси этот уровень всегда был выше 100 %. Так, в 2022 г. в Беларуси уровень производства картофеля на душу населения составил 391 кг, что выше китайского уровня в 6 раз. Максимальный уровень среднедушевого производства наблюдался в Беларуси в 1970 г. – 1470 кг. Начиная с этого момента, наблюдается тенденция его снижения, особенно резко оно происходило с 2010 г.

Следует объяснить причины роста уровня производства картофеля в Китае и снижения в Беларуси. Главная причина состоит в востребованности картофеля и картофелепродуктов на внутреннем и мировом рынках. Большая часть мирового рынка картофеля представлена картофелем в сыром виде. При этом такая торговля преимущественно возможна с близлежащими соседями из-за высоких транспортных расходов и достаточно низкой транспортабельности этого товара. Но в большей степени картофель – это товар для внутреннего потребления по вышеуказанным причинам. В Китае с его высокими темпами роста населения и соответственно с растущим внутренним спросом на продовольствие естественным выглядит наращивание производства картофеля. В Беларуси наблюдается сокращение емкости и доступности внешних рынков, сокращение населения сужает внутренний рынок. Поэтому производители идут на сокращение площадей и объемов производства [10, с. 225].

Заключение

Китай достиг довольно высокого уровня самообеспеченности картофелем, что накладывает определенные ограничения на дальнейшее развитие взаимодействия в данном сегменте. Однако Беларусь имеет значительные резервы для наращивания экспортных поставок в первую очередь картофелепродуктов, хотя этому препятствует значительная удаленность Китая.

Потенциал сотрудничества видится в решении общих структурных проблем в картофелеводстве. Так, возможно сотрудничество между селекционерами двух стран и решение проблем в области семеноводства. Перспективным может стать совместное развитие технологий хранения и переработки

картофеля и др. Следовательно, потенциал для дальнейшего углубления взаимодействия между двумя странами в области картофелеводства существует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Картофель в Китае. Деликатес, пища для бедняков, национальный продукт [Электронный ресурс] // Картофельная система. – Режим доступа: <https://potatosystem.ru>. – Дата доступа: 25.06.2024.
2. Картофель: как в Беларусь пришел стереотипный символ // Blizko.by. – Режим доступа: <https://blizko.by>. – Дата доступа: 04.07.2024.
3. На долю Китая приходится четверть мирового производства картофеля [Электронный ресурс] // Звезда. – Режим доступа: <https://zviazda.by>. – Дата доступа: 25.06.2024.
4. Faostat Data [Electronic resource] // FAO. – Mode of access: <https://www.fao.org>. – Date of access: 28.06.2024.
5. Особенности выращивания картофеля в Китае [Электронный ресурс] // Картофельная система. – Режим доступа: <https://potatosystem.ru>. – Дата доступа: 25.06.2024.
6. Картофельный Китай – история успеха культуры в отдельно взятой стране [Электронный ресурс] // Продукт.by – Режим доступа: <https://produkt.by>. – Дата доступа: 25.06.2024.
7. Буханцов А. Что может взойти на российско-китайском огороде. Потенциал сотрудничества в сегменте овощей и картофеля не велик, но имеется [Электронный ресурс] // Агроинвестор – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru>. – Дата доступа: 25.06.2024.
8. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. комитет. – Минск, 2009. – 278 с.
9. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2023 [Электронный ресурс] // Нац. стат. комитет. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа: 04.07.2024.
10. Гридюшко А. Н. Ресурсный потенциал сельскохозяйственного производства: формирование и оценка: монография. – Горки: Белорус. гос. с.-х. акад., 2018. – 266 с.

АНАЛИЗ НАЛОГОВОЙ НАГРУЗКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ГОРЕЦКОГО РЕГИОНА МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

И. П. ЛАБУРДОВА, Н. М. КОРОБОВА

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

(Поступила в редакцию 17.06.2024)

Устойчивое и динамичное развитие национальной экономики непосредственным образом связано со сложившимся состоянием и эффективностью функционирования налоговой системы. В современной экономике возрастает роль эффективного управления налоговыми платежами, успех которого зависит от наличия качественного инструментария не только собственно управления, но и налогового анализа.

Налоги оказывают большое влияние на условия и результаты хозяйственной деятельности организаций. Налоговая система не может функционировать эффективно без учета того влияния, которое налоги оказывают на экономическое и финансовое состояние налогоплательщиков.

Несмотря на многочисленные публикации вопросов, связанных с изучением сущности и оценки налоговой нагрузки, они остаются дискуссионными и нуждаются в дальнейших исследованиях. В статье проведен анализ состава и структуры начисленных и уплаченных налогов, формирования налоговой нагрузки, представленной как абсолютными, так и относительными показателями. Изучены факторы, определяющие налоговую нагрузку на базе сельскохозяйственных организаций Горецкого района. Рассмотрена смешанная модель факторного анализа налоговой нагрузки с включением таких факторов, как частные показатели налоговой нагрузки по величине: налогов, исчисляемых из выручки, по налогам и налоговым платежам относимых на затраты, налогам уплачиваемых из прибыли и финансовых коэффициентов, участвующих в расчете налоговой нагрузки. С учетом особенностей налогообложения сельскохозяйственных организаций и применения ими особого режима налогообложения, скорректирована факторная модель реальной налоговой нагрузки на хозяйствующие субъекты сферы АПК. Предложен алгоритм факторного анализа и применен на сельскохозяйственные организации Горецкого района.

Ключевые слова: налог, налоговая нагрузка, реальная нагрузка, номинальная нагрузка.

Sustainable and dynamic development of the national economy is directly related to the current state and efficiency of the tax system. In the modern economy, the role of effective tax payment management is increasing, the success of which depends on the availability of high-quality tools not only for management itself, but also for tax analysis.

Taxes have a great impact on the conditions and results of economic activity of organizations. The tax system cannot function effectively without taking into account the impact that taxes have on the economic and financial condition of taxpayers.

Despite numerous publications on issues related to the study of the essence and assessment of the tax burden, they remain controversial and require further research. The article analyzes the composition and structure of accrued and paid taxes, the formation of the tax burden, represented by both absolute and relative indicators. The factors determining the tax burden on the basis of agricultural organizations in the Gorki district are studied. The article considers a mixed model of factor analysis of the tax burden with the inclusion of such factors as private indicators of the tax burden by size: taxes calculated from revenue, taxes and tax payments attributed to expenses, taxes paid from profit and financial coefficients involved in calculating the tax burden. Taking into account the specifics of taxation of agricultural organizations and the application of a special tax regime by them, the factor model of the real tax burden on business entities in the agro-industrial complex is adjusted. An algorithm of factor analysis is proposed and applied to agricultural organizations in the Gorki district.

Key words: tax, tax burden, real burden, nominal burden.

Введение

В современном цивилизованном обществе налог – основная форма доходов государства. Налоги во всем мире признаются наиболее действенным механизмом государственного регулирования экономики, который способен оказывать определенное воздействие на формирование структуры производства и потребление общественного продукта, на процессы накопления, инвестирования капитала, ценообразования, инфляции, развития научно-технического прогресса, экологию, объем государственного бюджета, жизненный уровень населения и другие стороны жизни общества и каждого отдельного гражданина. Их объем, структура формируют налоговую политику и экономическую стратегию государств, основополагающие требования, которым должны отвечать налоговые системы. Особенности белорусской модели налоговой системы проявляются в постоянном ее совершенствовании через расширение круга предоставляемых льгот государством отдельным категориям налогоплательщиков, изменении налоговых ставок, улучшении методологии исчисления налогов для создания благоприятного налогового климата в стране. Эти изменения находят свое отражение, с одной стороны, в величине объемной доли доходной части государственного бюджета Республики Беларусь, с другой – в корректировке налогового бремени, которое ложится на каждую организацию и физическое лицо в отдельности. Нахождение путей улучшения налоговой системы

государством через создание механизма снижения налоговой нагрузки на организацию может основываться на детальном ее анализе.

Важным методическим вопросом в экономическом анализе является изучение и измерение уровня налоговой нагрузки отдельных налогоплательщиков не только в динамике, но и установление влияния факторов на изменение величины исследуемых показателей. Без глубокого и всестороннего изучения факторов нельзя сделать обоснованные выводы о результатах деятельности организации, выявить резервы, обосновать планы и управленческие решения.

Основная часть

При определении налоговой нагрузки непосредственно на организацию, не существует единого подхода к ее оценке.

Е. А. Петер [6] полагает, что налоговая нагрузка – это величина, которая показывает уровень налогового бремени налогоплательщика. В зависимости от уровня налоговой нагрузки, который установлен в стране, находится эффективное развитие экономики.

Г. Г. Виногоров [1] отмечает, что налоговая нагрузка – это доля изъятия части дохода экономического субъекта в бюджетную систему и внебюджетные фонды, в форме налогов и сборов, а также иных платежей налогового характера. Регулирование величины налоговой нагрузки создает благоприятные условия для развития отдельных видов экономической деятельности, категорий предприятий, территорий.

С нашей точки зрения, налоговая нагрузка может быть представлена совокупностью показателей (показатель), характеризующих влияние регулярных обязательных платежей налогового характера, взимаемых в пользу государства. С этой точки зрения был рассмотрен анализ налоговой нагрузки.

В рамках исследования налоговой нагрузки был проведен анализ следующих сельскохозяйственных организаций Горецкого района.

- ОАО «Горецкое» (агродорожок Ректа);
- СЗАО «Горы» (агродорожок Горы);
- ОАО «Маслаки» (агродорожок Маслаки);
- КСУП «Овсянка имени И. И. Мельника» (агродорожок Овсянка);
- КСУП «Племзавод «Ленино» (агродорожок Ленино);
- ОАО «Коптевская нива» (агродорожок Коптевка);
- РУП «Учхоз БГСХА» (агродорожок Паршино);
- ОАО «Горецкая райагропромтехника» (г. Горки).

Данные организации имеют близкую специализацию, производство молочно-мясной продукции с развитым производством зерна, совпадающей со специализацией сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь, что дает возможность сравнивать их налоговую нагрузку между собой, обобщать и делать выводы.

Вопросы формирования налоговой нагрузки являются важными в оценке финансово-хозяйственной деятельности сельскохозяйственных организаций, в осуществлении эффективной хозяйственной деятельности организаций, своевременном выявлении и предупреждении негативных моментов в их работе. Анализ динамики и структуры налоговой нагрузки позволит вскрывать и охарактеризовать закономерности, проявляющиеся на разных этапах деятельности организации, выявлять тенденции и особенности их развития.

Одним из показателей налоговой нагрузки на организацию является объем налогов в абсолютном выражении. Проанализируем динамику налогов и отчислений, начисленных и уплачиваемых в бюджет и внебюджетные фонды сельскохозяйственными организациями Горецкого района за 2020–2022 гг.

Таблица 1. Динамика начисленных налогов и налоговых платежей сельскохозяйственными организациями Горецкого района, тыс. руб.

Плательщики	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Темп роста, %
КСУП «Овсянка имени И.И. Мельника»	2375	2484	3079	129,64
ОАО «Коптевская Нива»	1425	1720	2189	153,61
ОАО «Племзавод Ленино»	1416	1702	2096	148,02
ОАО «Маслаки»	1507	1626	2046	135,77
СЗАО «Горь»	1894	2138	2858	150,89
ОАО «Горецкое»	2280	2436	2613	114,61
РУП «Учхоз БГСХА»	4261	4210	4922	115,51
ОАО «Горецкая райагропромтехника»	2871	3118	3851	134,13
Итого по Горецкому району	18029	19434	23654	131,20

Данные табл. 1 показывают устойчивую тенденцию к увеличению начисленных налогов и налоговых платежей как в целом по Горецкому району, так и по каждой организации в отдельности. Наибольший рост произошел в ОАО «Коптевская Нива» и СЗАО «Горы», темп роста по ним составляет 153,61 % и 150,89 % соответственно. Наименьший темп прироста наблюдается в ОАО «Горьцкое» – 14,61 % и РУП «Учхоз БГСХА» – 15,51 %. В целом по Горецкому району в 2022 г. увеличение начисленных налогов и налоговых платежей составляет 131,20 % по отношению к 2020 г.

Таблица 2. Динамика уплаченных налогов и налоговых платежей сельскохозяйственными организациями Горьцкого района, тыс. руб.

Плательщики	2020г.	2021г.	2022г.	Темп роста, %
КСУП «Овсянка имени И.И. Мельника»	1087	934	1101	101,29
ОАО «Коптевская Нива»	529	658	881	166,54
ОАО «Племзавод Ленино»	638	782	1146	179,62
ОАО «Маслаки»	552	758	862	156,16
СЗАО «Горь»	748	937	1183	158,16
ОАО «Горьцкое»	2018	998	997	49,41
РУП «Учхоз БГСХА»	1896	2032	2123	111,97
ОАО «Горьцкая райагропромтехника»	1402	1632	1773	126,42
Итого по Горьцкому району	8870	8731	10096	113,48

Анализ данных табл. 2 позволяет сделать вывод о росте уплаченных налогов и налоговых платежей по Горьцкому району в целом. За анализируемый период их сумма увеличилась на 1226 тыс. руб., или на 13,48 %.

Тенденция повышения уплаченных налогов прослеживается по семи организациям района. Наибольший темп роста наблюдается в ОАО «Племзавод Ленино» – 179,62 % и ОАО «Коптевская Нива» – 166,54 %. Исключение составляет ОАО «Горьцкое», где наблюдается значительное снижение уплачиваемых налогов и налоговых платежей на 50,59 %. Налоги и налоговые платежи сельскохозяйственных организаций Горьцкого района включают в себя:

- Единый налог для производителей сельскохозяйственной продукции;
- Налог на добавленную стоимость;
- Отчисления в ФСЗН;
- Транспортный налог (введен в действие с 01.01.2021 года);
- Прочие (сбор за размещение рекламы, государственная пошлина);
- Иные (экономические санкции).

Кроме того, сельскохозяйственные организации берут на себя ответственность по уплате в бюджет подоходного налога с работников.

Состав и структуру начисленных налогов и налоговых платежей, начисленных в бюджет и внебюджетные фонды сельскохозяйственными организациями Горьцкого района, рассмотрим в табл. 3.

Таблица 3. Состав и структура налогов и налоговых платежей, начисленных в бюджет и внебюджетные фонды сельскохозяйственными организациями Горьцкого района

Виды налогов	2020 г.		2021 г.		2022 г.		В среднем за 3 года, %
	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	
НДС	9139	50,70	9579	49,29	11930	50,44	50,15
Единый налог для производителей сельскохозяйственной продукции	851	4,72	917	4,72	1140	4,82	4,76
Подоходный налог с дохода физических лиц	2090	11,59	2399	12,34	2828	11,96	11,97
Транспортный налог	-	-	9	0,05	47	0,20	0,09
Отчисления в ФСЗН	5949	32,99	6513	33,51	7705	32,57	33,00
Прочие налоги и сборы, государственная пошлина	-	-	-	-	4	0,01	0,01
Экономические санкции	-	-	17	0,09	-	-	0,03
Итого	18029	100,00	19434	100,00	23654	100,00	100,00

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что наибольший удельный вес структуре начисленных сельскохозяйственными организациями Горьцкого района налогов и налоговых платежей на протяжении исследуемого периода занимают налог на добавленную стоимость, отчисления в ФСЗН и подоходный налог с физических лиц. Так, в среднем за 3 года их удельный вес составляет – 50,15 %; 33,00 %; 11,97 % соответственно. Наименьший удельный вес – транспортный налог, на долю которого приходится 0,09 %. За исследуемый период существенных изменений в структуре не наблюдается.

Помимо структуры начисленных налогов и налоговых платежей сельскохозяйственным предприя-

тиям Горецкого района необходимо уделить особое внимание анализу структуры уплаченных налогов и налоговых платежей, так как именно реальная, а не номинальная налоговая нагрузка формирует доходную часть государственного бюджета и внебюджетных фондов Республики Беларусь.

Таблица 4. Состав и структура налогов и налоговых платежей, уплаченных в бюджет и внебюджетные фонды сельскохозяйственными организациями Горецкого района

Виды налогов	2020 г.		2021 г.		2022 г.		В среднем за 3 года, %
	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	
НДС	1589	17,92	903	10,34	748	7,41	11,70
Единый налог для производителей сельскохозяйственной продукции	787	8,87	674	7,73	967	9,58	8,77
Подоходный налог с граждан	2011	22,67	2406	27,56	2742	27,16	25,85
Транспортный налог	-	-	16	0,18	57	0,56	0,26
Отчисления в ФСЗН	4483	50,54	4715	54,00	5579	55,26	53,35
Прочие налоги и сборы	-	-	-	-	2	0,02	0,02
Экономические санкции	-	-	17	0,19	-	-	0,06
Государственная пошлина	-	-	-	-	1	0,01	-
Итого	8870	100,00	8731	100,00	10096	100,00	100,00

Анализируя данные табл. 4, можно сделать вывод, что наблюдаются отличия в структурах начисленных и уплаченных налогов, налоговых платежей. Так, в структуре уплаченных налогов и платежей, наибольший удельный вес на протяжении исследуемого периода занимают отчисления в ФСЗН (53,35 %) и подоходный налог с физических лиц (25,85 %).

Проведенный анализ динамики и структуры начисленных и уплаченных налогов и налоговых платежей сельскохозяйственными предприятиями Горецкого района позволяет перейти к исследованию свершения реальных платежей в соответствующие бюджеты и внебюджетные фонды за 2020–2022 гг. Данный анализ позволит определить отклонения и долю внесения налогов в бюджет, что и представлено в табл. 5.

Таблица 5. Анализ свершения реальных платежей в бюджет

Виды налогов	2020г.			2021г.			2022г.		
	причи- тается	внесено	отклоне- ние	причи- тается	внесено	отклоне- ние	причита- ется	внесено	отклоне- ние
	тыс. руб.			тыс. руб.			тыс. руб.		
НДС	9139	1589	-7550	9579	903	-8676	11930	748	-11182
Единый налог для производителей сельскохозяйственной продукции	851	787	-64	917	674	-243	1140	967	-173
Подоходный налог с граждан	2090	2011	-79	2399	2406	+7	2828	2742	-86
Транспортный налог	-	-	-	9	16	+7	47	57	+10
Отчисления в ФСЗН (30%)	5757	4338	-1419	6303	4563	-1740	7456	5399	-2057
Прочие налоги и сборы, государственная пошлина	-	-	-	-	-	-	4	3	-1
Экономические санкции	-	-	-	17	17	-	-	-	-
Итого	17837	8725	-9112	19224	8579	-10645	23405	9916	-13489

Анализ данных, проведенный в табл. 5 позволяет сделать выводы от том, что не все суммы начисленных налогов и налоговых платежей в полном объеме перечисляются в доход соответствующих бюджетов. Отклонения в начислении и оплате имеют такие налоги как налог на добавленную стоимость, подоходный налог и отчисления в ФСЗН. Размер внесения налога на добавленную стоимость за исследуемый период колеблется в пределах от 17,39 % до 6,27 %, подоходного налога – от 96,22 % до 96,96 %. Данные отклонения обусловлены применением механизма налоговых вычетов и взаимозачета одних налогов в счет уплаты других. Отклонения между начисленными и уплаченными взносами в ФСЗН объясняются осуществлением предприятиями социальных выплат работникам за счет средств ФСЗН (пособия по временной нетрудоспособности, пособия по беременности и родам, пособия на погребение и т.д.), при этом на суммы выплаченных социальных выплат уменьшается размер взносов, подлежащих перечислению в ФСЗН.

Далее проанализируем номинальную и реальную налоговую нагрузку сельскохозяйственных организаций Горецкого района за 2020–2022 гг. в табл. 6.

Таблица 6. Номинальная и реальная налоговые нагрузки сельскохозяйственных организаций Горецкого района и показатели, участвующие в их расчете

Показатели	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Начисленные налоги и сборы в бюджет и внебюджетные фонды (ФСЗН – 30 %), тыс. руб.	15747	16825	20577
Уплаченные налоги и сборы в бюджет и внебюджетные фонды (ФСЗН – 30 %), тыс. руб.	6714	6155.7	7174
Выручка от реализации продукции, товаров, работ, услуг, тыс. руб.	82692	90000	111472
Номинальная налоговая нагрузка, %	19,04	18,69	18,46
Реальная налоговая нагрузка, %	8,12	6,84	6,44
в том числе по налогам, исчисляемым из выручки, %	2,87	1,75	1,54

Рассмотрев данные табл. 6, можно сделать вывод о том, что на протяжении 2020–2022 гг. номинальная налоговая нагрузка имеет тенденцию к снижению на 0,58 п.п. Реальная налоговая нагрузка в 2022 г. по сравнению с 2020 г. уменьшилась на 1,68 п.п. При этом реальная налоговая нагрузка сократилась налогам, исчисляемым из выручки с 2,87 % до 1,54 %, т. е. на 1,33 п.п. Введение государством с 01.05.2022 г. нового сбора за размещение (распространение) рекламы обусловило рост налогов, включаемых в затраты и соответственно к увеличению реальной налоговой нагрузки за счет этого показателя. Однако, это не повлияло на основную тенденцию снижения общей налоговой нагрузки на сельскохозяйственные организации Горецкого района и средней налоговой нагрузки на субъекты хозяйствования Республики Беларусь [2].

Следует отметить, что общий уровень реальной налоговой нагрузки сельскохозяйственных организаций Горецкого района за анализируемый период, согласно концепции А. Лаффера, находится в допустимой зоне изъятия налогов и сборов, т.е. не более 35–40 % доходов организации [3].

В теории анализа хозяйственной деятельности вопросам изучения изменений налоговой нагрузки в Республике Беларусь уделено достаточное внимание. Вопросы методики анализа налоговой нагрузки рассматриваются в работах таких отечественных экономистов как, А. Короткевич, Д. Табала, Д. Шпарун [2], Т. Н. Панковой [7], Д. Н. Нурмуханбетовой [5] и других.

По мнению Т. Н. Панковой [7], целесообразно рассчитывать налоговую нагрузку как соотношение определенной группы налогов к тому источнику, за счет которого они уплачиваются, так как каждый источник имеет свой критерий оценки налогового бремени, то есть частные показатели налоговой нагрузки. Она считает, что показатель налоговой нагрузки можно представить в виде аддитивной модели частных показателей налоговой нагрузки по следующей формуле:

$$\left(\frac{Нв}{В} + \frac{Нз}{3} \times \frac{3}{В} + \frac{Нп}{Пр} \times \frac{Пр}{В}\right) \times 100 = Нно \quad (2.1)$$

где Нв – налоги и неналоговые платежи, исчисляемые из выручки от реализации продукции;

В – выручка от реализации продукции;

Нз – налоги и неналоговые платежи, относимые на затраты;

3 – затраты по производству и реализации;

Нп – налоги и неналоговые платежи, уплачиваемые из прибыли;

Пр – прибыль от реализации продукции;

Нно – общий показатель налоговой нагрузки,

В формуле (2.1) дроби рассматриваются как коэффициенты:

$(Нв/В)$ – налоги и неналоговые платежи из выручки к выручке от реализации (коэффициент налогообложения доходов);

$(Нз/3)$ – налоги и неналоговые платежи, относимые на затраты к затратам (коэффициент налогообложения затрат)

$(Нп/Пр)$ – налоги и неналоговые платежи с прибыли к прибыли от реализации (коэффициент налогообложения прибыли).

После математического преобразования, формула (2.1) примет вид модели 2.2.

$$\left(\frac{Нв}{В} + \frac{Нз}{В} + \frac{Нп}{В}\right) \times 100 = Нно \quad (2.2)$$

Так, Т. Н. Панкова считает, что для факторного анализа налоговой нагрузки следует использовать факторную модель, представленную формулой (2.1), которая содержит пять факторов, влияющих на величину налоговой нагрузки (Нно). Для определения изменения показателя общей налоговой

нагрузки (Δ Нно) за счет влияния каждого из пяти факторов предлагает применять следующий алгоритм расчета:

$$\left(\frac{Нв}{В}, \frac{Нз}{З}, \frac{З}{В}, \frac{Нп}{Пр}, \frac{Пр}{В}\right) \quad (2.3)$$

1) определяют базовый и отчетный значения налоговой нагрузки:

$$Нно_0 = \left(\frac{Нв_0}{В_0} + \frac{Нз_0}{З_0} \times \frac{З_0}{В_0} + \frac{Нп_0}{Пр_0} \times \frac{Пр_0}{В_0}\right) \times 100; \quad (2.4)$$

$$Нно_1 = \left(\frac{Нв_1}{В_1} + \frac{Нз_1}{З_1} \times \frac{З_1}{В_1} + \frac{Нп_1}{Пр_1} \times \frac{Пр_1}{В_1}\right) \times 100; \quad (2.5)$$

где $\left(\frac{Нв_0}{В_0}, \frac{Нз_0}{З_0}, \frac{З_0}{В_0}, \frac{Нп_0}{Пр_0}, \frac{Пр_0}{В_0}\right)$ – Факторы базисного периода;

$\left(\frac{Нв_1}{В_1}, \frac{Нз_1}{З_1}, \frac{З_1}{В_1}, \frac{Нп_1}{Пр_1}, \frac{Пр_1}{В_1}\right)$ – Факторы отчетного периода;

2) определяют условные показатели налоговой нагрузки способ цепной подстановки:

$$Нно_{усл1} = \left(\frac{Нв_1}{В_1} + \frac{Нз_0}{З_0} \times \frac{З_0}{В_0} + \frac{Нп_0}{Пр_0} \times \frac{Пр_0}{В_0}\right) \times 100; \quad (2.6)$$

$$Нно_{усл2} = \left(\frac{Нв_1}{В_1} + \frac{Нз_1}{З_1} \times \frac{З_0}{В_0} + \frac{Нп_0}{Пр_0} \times \frac{Пр_0}{В_0}\right) \times 100; \quad (2.7)$$

$$Нно_{усл3} = \left(\frac{Нв_1}{В_1} + \frac{Нз_1}{З_1} \times \frac{З_1}{В_1} + \frac{Нп_0}{Пр_0} \times \frac{Пр_0}{В_0}\right) \times 100; \quad (2.8)$$

$$Нно_{усл4} = \left(\frac{Нв_1}{В_1} + \frac{Нз_1}{З_1} \times \frac{З_1}{В_1} + \frac{Нп_1}{Пр_1} \times \frac{Пр_0}{В_0}\right) \times 100; \quad (2.9)$$

3) определяют изменения величины налоговой нагрузки при влиянии каждого фактора:

$$\Delta Нно_{Нв/В} = Нно_{усл1} - Нно_0; \quad (2.10)$$

$$\Delta Нно_{Нз/З} = Нно_{усл2} - Нно_{усл1}; \quad (2.11)$$

$$\Delta Нно_{З/В} = Нно_{усл3} - Нно_{усл2}; \quad (2.12)$$

$$\Delta Нно_{Нп/Пр} = Нно_{усл4} - Нно_{усл3}; \quad (2.13)$$

$$\Delta Нно_{Пр/В} = Нно_1 - Нно_{усл4}; \quad (2.14)$$

$$\Delta Нно_Н = Нно_1 - Нно_0. \quad (2.15)$$

Сельскохозяйственным организациям Республики Беларусь в соответствии Налоговым Кодексом Республики Беларусь [4] предоставлено право выбора: применять общую систему налогообложения или использовать особый режим налогообложения при наличии особого условия, т. е. величины процентной доли не менее 50 %. Так как сельскохозяйственные организации Горецкого района являются все плательщиками на особом режиме налогообложения, то они уплачивают три группы налогов: налоги, исчисляемые из выручки, налоги, включаемые в затраты производства, в отдельных случаях – налоговые платежи из прибыли. В связи с тем, что третья группа налогов встречается крайне редко и за анализируемый период времени 2020–2022 гг. не имела место, то факторная модель налоговой нагрузки сельскохозяйственных организаций Горецкого района, с нашей точки зрения, будет представлена факторами первого порядка в виде смешанной модели 2.16.

$$Нно_0 = \left(\frac{Нв_0}{В_0} + \frac{Нз_0}{З_0} \times \frac{З_0}{В_0}\right) \times 100. \quad (2.16)$$

Факторный анализ изменения реальной налоговой нагрузки, по нашему мнению, можно представить следующим образом:

1. Определяем период, за который планируем провести детерминированный факторный анализ реальной налоговой нагрузки (2021–2022 гг.).

2. Определяем значения налоговой нагрузки сельскохозяйственных организаций Горецкого района базового периода – $Нно_0$ (2021 г.) и отчетного периода – $Нно_1$ (2022 г.):

$$Нно_0 = \left(\frac{1577}{90000} + \frac{4578.7}{134457} \times \frac{134557}{90000} \right) \times 100 = 6.84 \%$$

$$Нно_1 = \left(\frac{1715}{111472} + \frac{5458.8}{156643} \times \frac{156643}{111472} \right) \times 100 = 6,44 \%$$

3. Определяем условные показатели реальной налоговой нагрузки способом цепной подстановки

$$Нно_{усл1} = \left(\frac{1715}{111472} + \frac{4578.7}{134457} \times \frac{134557}{90000} \right) \times 100 = 6,63 \%$$

$$Нно_{усл2} = \left(\frac{1715}{111472} + \frac{5458.8}{156643} \times \frac{134557}{90000} \right) \times 100 = 6,75\%$$

4. Определяем изменения величины реальной налоговой нагрузки при влиянии каждого фактора:

4.1. изменение реальной налоговой нагрузки за счет влияния налогов, исчисляемых из выручки

$$\Delta НН_{\frac{НВ}{В}} = 6,63\% - 6,84\% = -0,21 \text{ п. п}$$

4.2. изменение реальной налоговой нагрузки за счет влияния налогов, относимых на затраты

$$\Delta НН_{\frac{НЗ}{З}} = 6,75\% - 6,63\% = 0,12 \text{ п.п}$$

4.3. изменение реальной налоговой нагрузки за счет влияния доли затрат к выручке от реализации,

$$\Delta НН_{\frac{З}{В}} = 6,44\% - 6,75\% = -0,31 \text{ п. п.}$$

5. Определяем общее изменение реальной налоговой нагрузки за счет совокупности факторов:

$$\Delta НН_{Н} = -0,21 + 0,12 + (-0,31) = -0,40 \text{ п. п.}$$

$$\Delta НН_{Н} = 6,44\% - 6,84\% = -0,40 \text{ п.п.}$$

В результате проведенного факторного анализа можно сделать вывод, что за период с 2021 по 2022 годы произошло общее уменьшение реальной налоговой нагрузки на 0,40 п.п. Изменение частных показателей реальной налоговой нагрузки по налогам, исчисляемым из выручки, коэффициента, характеризующего долю затрат к выручке от реализации продукции привело соответственно к снижению налоговой нагрузки на 0,21 п.п. и 0,31 п.п. В свою очередь рост налогов, включаемых в затраты, привел к ее повышению на 0,12 п.п.

Снижение налоговой нагрузки на сельскохозяйственные организации Горецкого района путем уменьшения величины начисленных и перечисленных налогов – процесс малореальный, в связи с тем, что их величина, методика исчисления строго регламентируется Налоговым Кодексом Республики Беларусь. В связи с этим воздействовать на ее снижение, на наш взгляд, следует через факторы производственные, маркетинговые, которые смогут воздействовать на объем реализации и денежную выручку, которая обратно пропорциональна налоговой нагрузке.

Обобщая вышеизложенное, можно отметить, что эффективное управление процессом снижения налоговой нагрузки на предприятие возможно на базе проведения детального факторного анализа изучаемого показателя. Изучение абсолютных показателей налоговой нагрузки по сельскохозяйственным организациям Горецкого района показало, что наблюдается рост как начисленных, так и уплаченных сумм налогов. Наибольшая доля среди начисленных налогов принадлежит НДС, среди уплаченных – платежам в ФСЗН. Детальное разложение факторов, влияющих на реальную налого-

вую нагрузку сельскохозяйственных организаций Горецкого района (в относительном выражении) показало, что основными из них, которые предлагается включить в факторную аналитическую модель явились: налоги, исчисляемые из выручки, налоги и налоговые платежи, включаемые в затраты производства и коэффициент, характеризующий долю затрат к выручке от реализации продукции. Реализация программы снижения реальной налоговой нагрузки через воздействие проанализированных факторов, а именно увеличение денежной выручки, как фактора второго порядка, будет способствовать ее уменьшению и дальнейшему эффективному процессу налогообложения в отрасли АПК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виногоров Г. Г., Лобан А. И. Разработка системы показателей, характеризующих налоговую нагрузку субъекта хозяйствования // НИРС БГЭУ / Белорус. гос. эк. ун-т ; редкол.: А. А. Быков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – С. 128–132.
2. Короткевич А., Табала Д., Шпарун Д. Налоговая нагрузка в Республике Беларусь // Банковский вестник. – 2023. – № 1. – С. 31–39.
3. Макконнелл К. Р., Брю С. Л. Экономикс: принципы, проблемы и политика: [рус.] = Economics: Principles, Problems, and Policies. – М.: Республика, 1992.–Т.1.–С.358.
4. Налоговый кодекс Республики Беларусь. Особенная часть [Электронный ресурс]: 29 дек. 2009 г., № 71-3: принят Палатой представителей 11 дек. 2009 г. : одобр. Советом Респ. 18 дек. 2009 г. : в ред. Закона Респ. Беларусь от 27.12.2023 г. № 327-3 // Бизнес-инфо: аналит. правовая система / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2024.
5. Нурмуханбетова Д. Н. Управление налоговым бременем при выборе эффективных методов налоговой политики предприятия // Молодой ученый. – 2020. – № 7. – С. 171–175.
6. Петер Е. А. Теоретические аспекты определения налоговой нагрузки // Молодой ученый. – 2020. – №168. – С. 128–130.
7. Панкова Т. Н. Совершенствование методики анализа налоговой нагрузки организации // Бухгалтерский учет и анализ. – 2013. – № 6 (198). – С. 25–29.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ В АГРАРНЫХ КОРПОРАЦИЯХ КИТАЯ

В. И. БУЦЬ, ХУ ЮЙФЭЙ

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

(Поступила в редакцию 15.07.2024)

В научной статье изложены теоретико-методические основы формирования и развития организационной культуры в аграрных корпорациях Китая. Организационная культура в аграрных корпорациях Китая, как предмет исследования, представлена в ракурсе основных теорий по данной проблематике, среди которых выделены концепции Дж.М. Дэвиса, Р.А. Голдберга, Сон Джинга, Дж.Р. Харрисона, Ши Пинга, Мэнга Хуанзонга, Г. Ховстеде, Чэнь Цзина, Рен Линга, Ван Ю. и др. Основным методом исследования послужил сравнительный анализ теоретических концепций западных и китайских ученых в применении к концепту «организационная культура менеджмента». Исследована роль коммуникаций в формировании и развитии организационной культуры. Отражены особенности китайской организационной культуры, которые образуют ее основополагающие принципы. Среди них выделены: ориентация агроменеджмента на человеческий фактор, инновации на базе заимствования передового международного опыта агробизнеса, консенсус между сотрудниками китайской аграрной корпорации, сочетание динамики теоретико-методических подходов к формированию и развитию организационной культуры и реалий агробизнеса. В условиях углубления торгово-экономического сотрудничества Беларуси и Китая результаты исследований китайской организационной культуры позволят повысить эффективность внешнеэкономических связей. С другой стороны, передовой китайский опыт в формировании и развитии эффективной организационной культуры аграрных корпораций представляет собой инновации в организацию и управление агропромышленным производством. Эти инновации могут быть использованы руководителями и специалистами агропромышленного производства Республики Беларусь для достижения установленного уровня целевых показателей организаций и предприятий агробизнеса. Результаты исследований, представленные в данной статье, имеют теоретико-методическое значение в плане концептуального развития научных подходов к исследованию организационной культуры агроменеджмента с китайской спецификой.

Ключевые слова: культура агробизнеса, теоретические основы, культурное строительство, инновации, коммуникации.

The scientific article presents theoretical and methodological foundations of formation and development of organizational culture in agricultural corporations of China. Organizational culture in agricultural corporations of China, as a subject of research, is presented in the perspective of the main theories on this issue, among which the concepts of J.M. Davis, R.A. Goldberg, Song Jing, J.R. Harrison, Shi Ping, Meng Xianzong, G. Hovstede, Chen Jing, Ren Ling, Wang Yu and others are highlighted. The main research method was a comparative analysis of theoretical concepts of Western and Chinese scientists in application to the concept of "organizational culture of management". The role of communications in the formation and development of organizational culture is studied. The features of Chinese organizational culture, which form its fundamental principles, are reflected. Among them are: orientation of agromanagement on the human factor, innovations based on borrowing advanced international experience of agribusiness, consensus between employees of the Chinese agricultural corporation, a combination of the dynamics of theoretical and methodological approaches to the formation and development of organizational culture and the realities of agribusiness. In the context of deepening trade and economic cooperation between Belarus and China, the results of studies of Chinese organizational culture will improve the efficiency of foreign economic relations. On the other hand, advanced Chinese experience in the formation and development of an effective organizational culture of agricultural corporations represents innovations in the organization and management of agro-industrial production. These innovations can be used by managers and specialists of agro-industrial production of the Republic of Belarus to achieve the established level of target indicators of organizations and enterprises of agribusiness. The research results presented in this article are of theoretical and methodological significance in terms of conceptual development of scientific approaches to the study of the organizational culture of agrimanagement with Chinese characteristics.

Key words: agribusiness culture, theoretical foundations, cultural construction, innovations, communications.

Введение

Сельское хозяйство – это «материнская отрасль» человечества, которая является основой для развития национальной экономики, социальной стабильности и национальной самодостаточности. Являясь важным носителем сельскохозяйственного развития, агробизнес не только делает сельскохозяйственную продукцию доступной для общества, но и обеспечивает социальную стабильность, национальное экономическое развитие и мировую политическую гармонию.

На уровне сельскохозяйственной организации и предприятия агропромышленного комплекса агробизнес также должен функционировать в качестве основной деятельности, целью которой выступает максимизация прибыли. С развитием рыночной экономики как для широкой общественности, так и для руководителей предприятий и организаций агропромышленного комплекса, стала доминирующей та точка зрения, что сельскохозяйственные организации и предприятия предназначены исключительно для получения прибыли в качестве основной цели. При этом часто игнорировался духовный уровень развития организации, что является наиболее важным, так как способствует разви-

тию предпринимательской деятельности и является наиболее важным элементом корпоративной культуры.

В западном агроменеджменте такие подходы к организации агробизнеса применялись вплоть до 80-х годов XX века. В то время ученые выдвинули доктрину «корпоративной культуры». В настоящее время постепенно все больше и больше академических исследователей осознают, что конкуренция между предприятиями больше не остается в сфере производства и продаж, а трансформируется в конкуренцию корпоративной культуры отдельных аграрных корпораций.

В данной работе в этом контексте цель исследования – теоретико-методическое обоснование построения культуры организаций агробизнеса, что имеет важное теоретическое значение и практическую ценность.

В соответствии с поставленной целью в задачи исследования входит:

– обзор теорий, принципов, методов и других аспектов построения культуры организаций агробизнеса, в котором в основном предполагалось использовать сочетание теории и практики, норм и эмпирического анализа, сочетание методов исследования, описываются понятия профессиональных терминов, таких как агробизнес, корпоративная культура, культура сельскохозяйственного предприятия, характеристики и функции;

– анализ важности усиления построения культуры агробизнеса, обобщение принципов современной организационной культуры китайского агробизнеса, чтобы обеспечить теоретическое руководство для построения культуры агробизнеса в Китае и Беларуси.

В разных странах различные культурные традиции и концепции, на основе которых имеются различные определения и анализы структуры культуры агробизнеса. Наиболее распространенная точка зрения заключается в том, что культура агробизнеса состоит из пяти аспектов: корпоративная среда, ценности, ролевые модели, ритуалы и церемонии, а также культурные сети. Если взять за точку анализа сущность культуры агробизнеса и разделить ее базовую структуру на четыре уровня, то необходимо исследовать: материальный, поведенческий, институциональный и духовный срезы корпоративной культуры агробизнеса, что позволит в большей степени получить научно обоснованные выводы и рекомендации.

Английское слово *culture* означает «культура», что означает вещи и идеи, которые люди почитают, принимают и которым следуют вместе. В контексте корпоративной культуры ее можно трактовать как установки, ожидания и ценности, которые разделяют члены организации. Корпоративная культура обычно выражается в используемом языке, фольклоре и традиционных практиках, проявляется в повседневной жизни или в масштабных церемониях и ритуалах, формируя кодекс поведения группы, позволяющий справляться с проблемами внутренней и внешней интеграции в окружающую среду (Pettigrew, 1979; Schwartz & Davis, 1981; Trice & Beyer, 1985). Смирнич (2013) ограничивает корпоративную культуру более узким полем и отличает ее от исследований сравнительного менеджмента, корпоративного познания, корпоративного символизма и корпоративных подсознательных путешествий. Таким образом, корпоративная культура оказывается в фиксированной сфере, в рамках которой ее содержание и категории рассматриваются учеными как доступные и изменяемые, даже управляемые и контролируемые. Именно поэтому для изменения корпоративной культуры компании можно использовать методы развития бизнеса. Таким образом, истинное понимание общей культуры и субкультур организации может быть использовано в качестве движущей силы стратегии компании [1].

Шейн (2005) определяет корпоративную культуру как базовые предположения, которые группа приобрела в результате решения проблем внешней адаптации и внутренней интеграции, и поскольку они работают хорошо, она передает их новым членам, чтобы те, столкнувшись с проблемой, также смогли найти способ ее решения. Корпоративную культуру следует рассматривать как черту, характеризующую независимый и стабильный бизнес. Если люди в фирме используют много одинакового опыта или методов при решении проблем как внутри фирмы, так и за ее пределами, члены фирмы будут иметь одинаковые мнения о положении, в котором они находятся. Schein (2005) утверждает, что для развития корпоративной культуры члены фирмы должны иметь достаточно общего опыта друг с другом, чтобы выработать одинаковые взгляды, и должно пройти значительное время, прежде чем она станет само собой разумеющейся для фирмы. С корпоративной культурой связаны две проблемы: во-первых, проблема социализации внутри фирмы. Обычно предполагается, что корпоративная культура передается новым членам фирмы (Van Maanen & Barley, 1984), но на самом деле то, что узнает новичок в начале процесса, – это в основном поверхность культуры, а ядро культуры нелегко найти в правилах [2].

Суть культуры не так легко обнаружить в правилах, ее нужно усвоить и социализировать внутри организации, прежде чем можно будет прикоснуться к более глубоким базовым предположениям внутри организации. Во-вторых, существует проблема субкультур внутри организации. В рамках конкретной организации или группы организаций существует множество подгрупп, которые через некоторое время естественным образом создают субкультуры. Обычно между субкультурами возникает конфликт, но, когда на предприятии случается кризис или оно сталкивается с общим врагом, общие представления, существующие на предприятии, в нужный момент вступают в игру и помогают предприятию разрешить кризис и преодолеть трудности.

По мнению некоторых японских ученых, управление бизнесом должно существовать не только как дисциплина, но и как особая культура, включающая в себя собственные ценности, язык и убеждения. Смысл корпоративной культуры можно понять по следующим аспектам: использование корпоративных ценностей для формирования ролевых моделей; наличие установленных правил корпоративного поведения или привычек; использование каналов корпоративной культуры для руководства поведением сотрудников [3].

Большинство китайских ученых определяют корпоративную культуру на трех уровнях: во-первых, аспект материальной культуры, то есть материалы производства и эксплуатации, а также готовая продукция предприятия; во-вторых, аспект духовной культуры, то есть ценностные представления предприятия, формы поведения и т. д.; в-третьих, аспект институциональной культуры, то есть собственный кодекс поведения предприятия, межличностные отношения и т. д. Эти три аспекта и составляют корпоративную культуру предприятия.

В данной работе использован исследовательский метод сочетания теории и практики, норм и эмпирического анализа для разработки понятий, характеристик и функций профессиональных терминов, таких как корпоративная культура, предприятия и организации агробизнеса, культура организации агробизнеса, а затем применялся ряд научных приемов, указывающих на важность укрепления строительства культуры агробизнеса и на этой основе разработка предложений по мероприятиям формирования и развития организационной культуры в целенаправленном порядке, чтобы обеспечить реализацию теоретических предпосылок на практике.

Для статистической обработки данных временного ряда численности аграрных корпораций в КНР использован метод расчета показателей динамики. При расчете показателей на постоянной базе каждый уровень ряда сравнивался с одним и тем же базисным уровнем. Индикаторами процесса распространения корпоративной формы организации агробизнеса в КНР выступили базисные и цепные показатели абсолютного прироста, темпов роста и прироста, абсолютного значения одного процента прироста. Важным статистическим показателем динамики социально-экономических процессов является темп наращивания, который в условиях интенсификации экономики измеряет наращивание во времени экономического потенциала:

$$T_n = \Delta y_{ци} / y_1, \quad (1)$$

где $\Delta y_{ци}$ – абсолютный цепной прирост показателя, y_1 – начальный базовый уровень показателя первого элемента временного ряда.

Для выявления трендов в изменении показателей временного ряда применялся эконометрический метод, инструментом которого выступила эконометрическая модель прогнозирования числа аграрных корпораций КНР (NAC), отражающая стохастическую зависимость показателя от номера уровня временного ряда (t) с учетом ошибки модели (ε):

$$NAC \approx F(t) \pm \varepsilon \quad (2)$$

Информационной базой исследования послужили данные Национального бюро статистики КНР за 2005–2022 годы ($t=1, \dots, 18$).

Основная часть

Статистическая обработка данных о динамике численности аграрных корпораций КНР за 2005–2022 годы позволила выявить следующие тенденции. В 2022 году по сравнению с 2021 годом число аграрных корпораций КНР увеличилось на 306157 ед., или на 14 %, максимальный прирост наблюдался в 2014 году (789221 ед.), наибольшее снижение численности зафиксировано в 2013 году (-279029 ед.). Темп наращивания показывает, что тенденция ряда возрастающая, что свидетельствует об ускорении изменения показателя – число аграрных корпораций КНР. Среднее значение численности аграрных корпораций КНР с 2005 по 2022 составило 985803 ед. В среднем за весь период рост анализируемого показателя составил 123,52 %. С каждым годом число аграрных корпораций КНР в

среднем увеличивалось на 142738 ед. Выполним прогноз на 2025 год, используя показатель среднего темпа роста:

$$y(2025) = 3807215 \cdot 1,2352 = 4702672 \text{ (ед.)}$$

Эконометрический анализ позволил выявить линейный тренд в динамике числа аграрных корпораций КНР с ежегодным приростом показателя на 160808 ед. (рис.1):

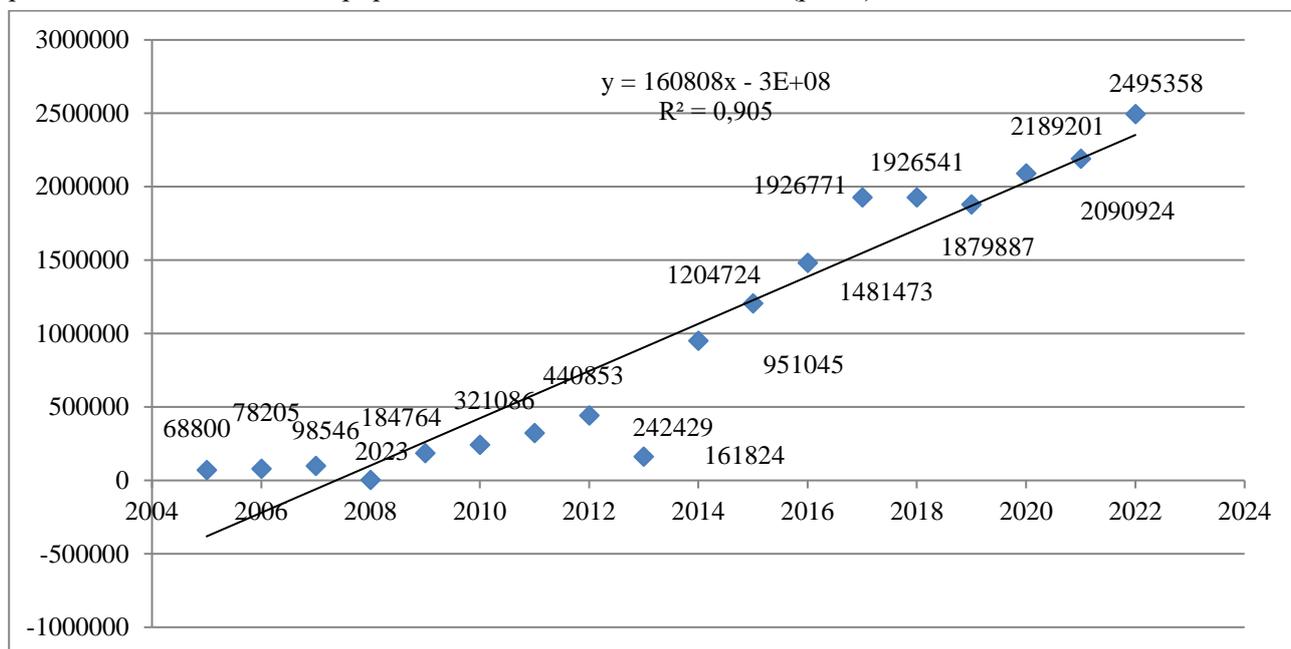


Рис 1. Динамика числа аграрных корпораций КНР
Источник: <https://www.stats.gov.cn/english/>

Объектом исследования корпоративной культуры выступила аграрная корпорация Inner Mongolia Knight Dairy Group Co., Ltd [4]. Она была основана в 2000 году, после более чем 20 лет развития, в настоящее время сформировала синергетический цикл развития сельского хозяйства, животноводства, молочной промышленности, сахарной промышленности, четыре слоя промышленного кластера. Группа имеет 10 дочерних компаний, общие активы более 2 миллиардов, годовая стоимость продукции более 2 миллиардов юаней. Все дочерние предприятия группы прошли двойную органическую сертификацию по стандартам ЕС и национальным стандартам, реализуя весь процесс органического управления от поля до стола. Фабрики получили звания «зеленых фабрик» на региональном и национальном уровнях, демонстрационных предприятий интеллектуального производства в автономном округе, а также ключевых ведущих предприятий в области индустриализации растениеводства и животноводства в автономном округе.

Под руководством четырех сельскохозяйственных дочерних предприятий сельскохозяйственное подразделение, руководствуясь стратегией «Только когда сельское хозяйство процветает, рыцарь может быть процветающим», внедряет самое передовое сельскохозяйственное оборудование в мире и одновременно совершает значительные прорывы в области предотвращения ущерба от ветра, предотвращения ущерба от мороза и режима посадки, а более 200 000 му собственных ферм продвигаются к интеллектуальному сельскому хозяйству. Молочное подразделение имеет пять стандартных и интенсивных крупных ферм, на которых можно разводить 50 000 молочных коров, из которых строящаяся пятиэтапная ферма станет крупнейшей в мире интеллектуальной фермой с одним беспилотным доением. Молочный завод может перерабатывать 1500 тонн свежего молока в день, а его продукция включает в себя йогурт, молоко комнатной температуры, пастеризованное молоко, сухое молоко, молочный напиток, жидкие сливки, сыр, функциональные молочные продукты и т.д. Проект по производству сухого молока на втором этапе молочной промышленности достиг полностью автоматического и интеллектуального управления, а 25-килограммовое сухое молоко достигло полностью автоматической упаковки с азотным наполнением, что заполняет пробел в Китае. Сахарная промышленность располагает заводом по переработке 5 000 тонн сахарной свеклы в день. Благодаря постоянным инновациям сахарный завод занимает лидирующие позиции в отрасли по качеству продукции, комплексному энергопотреблению и управлению участком, а также является первым сахарным заводом с нулевым водозабором в национальной сахарной промышленности.

Философия работы аграрной корпорации базируется на принципах:

1) основной фокус: сосредоточиться на строительстве всей промышленной цепочки растениеводства, животноводства, молочной и сахарной промышленности;

2) «обязательно»: необходимо надолго сохранить амбициозность, скромность и благоразумие в стиле работы; необходимо надолго сохранить превосходный стиль упорной работы, трудолюбия и простоты;

3) три «нулевых терпимости»: нулевая терпимость к любым бизнес-операторам, руководителям и бизнесменам со спекулятивными операциями. Нулевая терпимость к любой зависимости от бизнеса, «есть, брать, карты, хотеть», принимать коммерческие взятки. Нулевая терпимость к любому использованию собственной власти для контроля поведения супругов, детей и родственников;

4) четыре непреклонности: неустанное стремление к качеству; неустанное стремление к удовлетворению потребностей клиентов; неустанное стремление к стандартизации управления; неустанное стремление к безопасному производству.

Заключение

Культура агробизнеса является одним из важных способов управления агробизнесом, особенно в современных условиях все более жесткой международной конкуренции, это неизбежная тенденция к созданию культуры предприятия с характеристиками агробизнеса. Культура агробизнеса соответствует культуре других промышленных предприятий, является воплощением персонификации предприятия, но также отражает концепцию управления предприятием в виде логотипа и вытекающего из него организационного поведения. Она формируется в процессе развития предприятия, путем совершенствования образа мышления персонала предприятия, поведенческих привычек, с целью достижения оптимизации системы управления предприятием, чтобы различные факторы управления находились в гармонии, повышали эффективность работы персонала и достигали экономической выгоды. Все предприятия с совершенной и сильной корпоративной культурой должны быть также высокоадаптируемыми, сплоченными и высокорепутационными предприятиями, что является воплощением роли корпоративной культуры как одной из мягких сил управления предприятием.

ЛИТЕРАТУРА

1. March, J G. Exploration and exploitation in organizational learning / J. G. March // [J]. Organization Science, 1971. – №2 – С. 71–87.

2. Ward, P. T., Bickford D J. Конфигурации производственной стратегии, бизнес-стратегии, среды и структуры / P. T. Ward, D. J. Bickford // [J]. Organization Science, 2022. – №4 – С. 597–626.

3. Юдзиро Спидуотер, Вернон Раттан. Международный анализ развития сельского хозяйства [М]. China Social Science Press, 2000. – С. 64–162.

4. Mongolia Knight Dairy Group Co., Ltd [Электронный ресурс] / Knight Dairy©. – Режим доступа: <https://www.cbinsights.com/company/inner-mongolia-knight-dairy-group>

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.521:631.524.85

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПО УРОЖАЙНОСТИ ЛЬНОВОЛОКНА

М. А. ЛИТАРНАЯ, В. З. БОГДАН, Т. М. БОГДАН

РУП «Институт льна»,
аг. Устье, Республика Беларусь, 211003, e-mail: malarittaml@mail.ru

(Поступила в редакцию 30.04.2024)

В статье представлены результаты анализа адаптивного потенциала 22 образцов коллекции льна-долгунца различного эколого-географического происхождения по урожайности льноволокна за 2021–2023 гг. В среднем за годы исследований урожайность общего волокна у образцов коллекции варьировала от 83,3 г/м² (В-79) до 163,7 г/м² (Надежный). Наиболее благоприятным был 2021 год (ГТК=0,69, I_j=+43,9) за счет оптимального увлажнения (ГТК=1,09) в период «всходы – цветение» (среднесортная урожайность общего волокна составила 172,4 г/м²). Дисперсионный анализ показал, что существенное влияние при формировании урожая льноволокна оказали условия года (51,0 %). Доля влияния генотипа составила 24,3 %. В качестве источников высокой урожайности льноволокна (145,0 – 163,7 г/м²) выделены образцы Надежный, л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083), Рубеж, Стойкий. В результате анализа показателей адаптивности выделены образцы, обладающие высокой генетической гибкостью (152,5 – 174,6) – Надежный, л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083), Рубеж, Стойкий, Алей, Днепровский; пластичностью (bi = 1,85 – 1,47) – Днепровский, Надежный, Стойкий, Рубеж и Лизетта; стабильностью (σ²= 0,4 – 6,3) – В-169, л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083), Надежный, Flax of Heilongjiang N14; стрессоустойчивостью (-27,4 – -30,3) – л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083), В-79, Порт-7. В селекционном процессе при создании новых конкурентоспособных сортов льна-долгунца целесообразно использовать в качестве исходного материала образцы Надежный, л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083), набравшие наименьшие суммы рангов (28), обеспечивающие получение высокого урожая льноволокна и обладающие наибольшим адаптивным потенциалом.

Ключевые слова: лен-долгунец, образец, урожайность льноволокна, пластичность, стабильность, адаптивность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость.

The article presents the results of the analysis of the adaptive potential of 22 accessions of the fiber flax collection of various ecological and geographical origins in terms of flax fiber yield for 2021–2023. On average, over the years of research, the total fiber yield of the collection accessions varied from 83.3 g/m² (B-79) to 163.7 g/m² (Nadezhny). The most favorable year was 2021 (HTC=0.69, I_j=+43.9) due to optimal moisture (HTC=1.09) during the "seedlings-flowering" period (the average varietal yield of total fiber was 172.4 g/m²). The analysis of variance showed that the conditions of the year had a significant impact on the formation of the flax fiber yield (51.0 %). The share of genotype influence was 24.3 %. The following samples were selected as sources of high flax fiber yield (145.0 – 163.7 g/m²): Nadezhny, l. Saldo × Mogilevskiy (BIL1083), Rubezh, Stoykiy. As a result of the analysis of the adaptability indices, the following samples were selected: high genetic flexibility (152.5 – 174.6): Nadezhny, l. Saldo × Mogilevskiy (BIL1083), Rubezh, Stoykiy, Aley, Dneprovsky; plasticity (bi = 1.85 – 1.47): Dneprovsky, Nadezhny, Stoykiy, Rubezh, and Lizetta; stability (σ²= 0.4 – 6.3): B-169, l. Saldo × Mogilevskiy (BIL1083), Nadezhny, Flax of Heilongjiang N14; stress resistance (-27.4 – -30.3) – l. Saldo × Mogilevsky (BIL1083), B-79, Port-7. In the selection process for creating new competitive varieties of fiber flax, it is advisable to use as source material the samples Nadezhny, l. Saldo × Mogilevsky (BIL1083), which have scored the lowest rank sums (28), ensuring a high yield of flax fiber and possessing the greatest adaptive potential.

Key words: fiber flax, sample, flax fiber yield, plasticity, stability, adaptability, stress resistance, genetic flexibility.

Введение

Наиболее эффективным средством повышения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе льна-долгунца, является сорт. По имеющимся оценкам вклад сорта в повышение урожайности оценивается от 20 до 50 % [1]. Современные сорта льна-долгунца способны обеспечить урожайность льноволокна на уровне 20 ц/га и более. Однако в производственных условиях добиться такого урожая весьма проблематично, что связано не только с агротехническими мероприятиями, но и с влиянием неблагоприятных факторов внешней среды [2].

В последние годы отмечаются колебания климатических условий возделывания льна-долгунца не только по годам, но и в течение вегетации. Увеличилось проявление таких стресс-факторов, как засуха, высокие температуры и обильные дожди в критические фазы формирования волокна и семян,

расширился ареал и вредоносность заболеваний, которые негативно сказываются на получении высокого урожая и качества льнопродукции.

В настоящее время селекционеры особое внимание уделяют устойчивости исходного материала к лимитирующим факторам среды и способности получения стабильных показателей урожая. Анализ показателей продуктивности по параметрам адаптивности, экологической пластичности и стабильности даёт возможность с большей точностью проводить подбор сортов для конкретной зоны возделывания. Поэтому актуальным направлением в селекционных программах является систематическое изучение генетического разнообразия, его анализ и подбор эффективных источников с комплексом заданных параметров [3, 4, 5].

Резервом повышения урожайности и качества льнопродукции является генофонд культуры и максимальная реализация его биологического потенциала. Сосредоточением потенциала ценных генов льна-долгунца в Беларуси является генетический фонд, находящийся в РУП «Институт льна», который в настоящее время включает 635 образцов различного эколого-географического происхождения.

Цель исследований – оценка адаптивного потенциала образцов коллекции льна-долгунца по урожайности общего волокна для дальнейшего использования в качестве исходного материала при создании новых конкурентоспособных сортов.

Основная часть

Исследования проводили в 2021–2023 гг. в селекционном севообороте РУП «Институт льна». В качестве исходного материала использовали 22 образца льна-долгунца различного эколого-географического происхождения (рис. 1).

Исследования проводили согласно методическим указаниям по изучению коллекции льна-долгунца (*Linum usitatissimum L.*) [6]. Сорта-контроли высевали через каждые 20 деленок, в качестве которых в системе Государственного испытания сортов в настоящее время используются Ярок (раннеспелый), Стойкий (среднеспелый) и Надежный (позднеспелый).



2021 год



2022 год



2023 год

Рис. 1. Внешний вид питомника коллекции льна-долгунца в фазу цветения по годам изучения

Почва опытных участков дерново-подзолистая, развивающаяся на среднем лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины ниже 1 м мореной. Агрохимические показатели почвенных участков варьировали по годам: рН 5,00–6,10, содержание подвижного фосфора 125,9–274,6 мг/кг почвы, обменного калия 150,5–197,1 мг/кг почвы, содержание гумуса $\approx 1,8\%$.

Основная подготовка почвы опытного участка – традиционная для льна. Обработка почвы проводилась по мере ее созревания, минеральные и микроудобрения внесены из расчета потребности растений льна, выноса их с урожаем и плодородия почвы, согласно технологическому регламенту возделывания льна-долгунца [7].

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались между собой по температурному режиму, количеству и периодичности выпадения осадков, что способствовало объективной оценке образцов коллекции льна-долгунца [8].

При анализе адаптивных параметров рассчитывали индекс условий среды (I_j), стабильность (σ_d^2), пластичность (bi) [9], стрессоустойчивость ($X_{min}-X_{max}$), генетическую гибкость ($(X_{max}+X_{min})/2$) [10, 11],

коэффициент адаптивности (KA) [12]. Двухфакторный дисперсионный анализ урожайности льноволокна рассчитывали по Б. А. Доспехову [13].

Гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК) является интегральным показателем оценки влагообеспеченности растений льна-долгунца. Несмотря на то, что 2021 год характеризовался как засушливый (ГТК=0,69), он был наиболее благоприятным ($I_j = +43,9$). Оптимальное увлажнение в период «всходы – цветение» (ГТК=1,09) способствовало формированию волокна. Среднесортная урожайность общего волокна составила 172,4 г/м² (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика условий среды для анализа образцов коллекции льна-долгунца по урожайности общего волокна

Показатель	ГТК / продолжительность фаз развития, суток		
	2021 год	2022 год	2023 год
всходы – цветение	1,09 / 48	1,57 / 53	0,73 / 59
цветение – ранняя желтая спелость	0,32 / 22	1,38 / 30	2,50 / 31
период вегетации (ГТК)	0,69 / 70	1,50 / 83	1,63 / 90
индекс условий среды (I_j)	+43,9	-11,6	-32,2
среднесортная урожайность (Y_j), г/м ²	172,4	116,9	96,3

Неблагоприятным по урожайности общего волокна был 2023 год (ГТК=1,63, $I_j = -32,2$). За счет сильной засухи в критический период формирования волокна (ГТК=0,73) среднесортная урожайность составила 96,3 г/м².

В результате двухфакторного дисперсионного анализа установлено влияние генотипа, условий года и их взаимодействия на урожайность льноволокна. Наиболее существенное влияние на урожайность общего волокна оказали условия года (51,0 %). Доля влияния генотипа составила 24,3 % (табл. 2).

Таблица 2. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа образцов коллекции льна-долгунца по урожайности общего волокна (среднее за 2021–2023 гг.)

Источник вариации	SS	df	MS	F	F крит.	Доля вклада фактора, %
Генотип	97634,2	21	4649,2	12,18	1,64	24,3
Год	204623,4	2	102311,7	268,03	3,06	51,0
Генотип × год	48625,2	42	1157,7	3,03	1,48	12,1
Случайная изменчивость	50386,0	132	381,7			

В среднем за 2021–2023 гг. исследований урожайность общего волокна у образцов коллекции варьировала от 83,3 г/м² (В-79) до 163,7 г/м² (Надежный). Высокой урожайностью льноволокна (145,0 – 163,7 г/м²) характеризовались образцы Надежный, л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083), Рубеж, Стойкий (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика образцов коллекции льна-долгунца по показателям адаптивности (среднее за 2021–2023 гг.)

Название образца	Урожайность льноволокна, г/м ²			$Y_{min}-Y_{max}$	$(Y_{min}+Y_{max})/2$	b_i	σ_i^2	KA
	min	max	среднее					
Ярок	101,9	156,0	126,7	-54,1	129,0	0,69	18,3	1,0
Стойкий	91,8	221,6	145,0	-129,8	156,7	1,73	19,7	1,1
Надежный	108,6	240,6	163,7	-132,0	174,6	1,75	5,0	1,3
Алей	118,1	193,5	145,1	-75,5	155,8	1,01	382,8	1,1
Могилёвский	102,8	178,5	141,0	-75,7	140,6	0,93	207,9	1,1
Порт-5	121,1	166,7	139,0	-45,6	143,9	0,62	12,5	1,1
Порт-7	123,3	153,6	134,6	-30,3	138,5	0,40	74,8	1,0
Рубеж	96,3	220,4	152,7	-124,1	158,4	1,59	79,5	1,2
Днепровский	83,2	221,8	139,4	-138,6	152,5	1,85	38,1	1,1
Авиан	102,1	197,5	147,1	-95,5	149,8	1,21	115,6	1,1
Лизетта	85,5	203,9	143,4	-118,4	144,7	1,47	326,6	1,1
Г-818-93-7	91,0	138,7	115,6	-47,7	114,8	0,58	110,7	0,9
Г-1407-7-28	82,3	183,7	129,1	-101,4	133,0	1,29	78,0	1,0
ВИР-3	59,7	112,6	83,8	-52,9	86,2	0,68	14,9	0,7
л. Сальдо × Могилёвский (BIL1081)	115,2	175,5	136,4	-60,3	145,3	0,82	220,9	1,1
л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083)	145,6	173,0	156,7	-27,4	159,3	0,37	1,5	1,2
В-79	69,6	98,1	83,3	-28,5	83,8	0,36	15,0	0,6
В-153	99,8	165,5	123,1	-65,7	132,6	0,92	116,4	1,0
В-169	63,8	150,0	100,6	-86,1	106,9	1,13	0,4	0,8
Flax of Heilonjiang N13	74,9	157,8	108,1	-82,9	116,4	1,11	22,4	0,8
Flax of Heilonjiang N14	78,9	115,7	95,6	-36,8	97,3	0,47	6,3	0,7
Shuangya №12	90,9	168,9	118,1	-78,0	129,9	1,09	193,7	0,9

Уровень устойчивости генотипов к стрессовым условиям отражает разность ($V_{min}-V_{max}$) и чем ниже его значение, тем выше стрессоустойчивость сорта, соответственно шире размах приспособительных возможностей. В наших исследованиях высокой устойчивостью к стрессу обладали образцы л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083) (-27,4), В-79 (-28,5), Порт-7 (-30,3).

Показатель $(V_{min}+V_{max})/2$ характеризует генетическую гибкость и компенсаторную способность образца: чем выше величина данного показателя, тем выше степень соответствия между генотипом и факторами окружающей среды. Высокие значения по данному показателю установлены у 6 образцов коллекции льна-долгунца: Надежный, л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083), Рубеж, Стойкий, Алей, Днепровский, которые варьировали в пределах 152,5–174,6.

Коэффициент линейной регрессии (bi) урожайности общего волокна образцов льна-долгунца подтверждает их реакцию на изменение условий среды. В результате исследований выделено пять отзывчивых образцов ($bi = 1,85 - 1,47$) – Днепровский, Надежный, Стойкий, Рубеж и Лизетта, у которых в благоприятные условия выращивания ($I_j (2021) = +43,9$) урожайность общего волокна составила 221,8 г/м², 240,6 г/м², 221,6 г/м², 220,4 г/м² и 203,9 г/м² соответственно. Данные образцы характеризуются как интенсивные. Образцы В-153, Могилевский, Алей, Shuangya №12 способны формировать стабильную урожайность общего волокна в меняющихся условиях среды ($bi = 0,92 - 1,09$).

К относительно стабильным ($\sigma_d^2 = 0,4 - 6,3$) по урожайности общего волокна отнесены образцы В-169, л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083), Надежный, Flax of Heilonjiang N14.

Об адаптивных способностях образцов судят по коэффициенту адаптивности (KA), предложенному Животковым Л. А. и др. [12]. Высокий коэффициент адаптивности отмечен у образцов Рубеж, л. Сальдо × Могилёвский (шифр 1083) и Надежный ($KA = 1,2-1,3$).

С целью получения более объективных результатов был использован принцип ранжирования по параметрам адаптивности, а окончательная оценка проведена по сумме полученных баллов: чем меньше сумма рангов анализируемого образца, тем большую хозяйственную ценность он имеет. Данная оценка позволила выявить наиболее адаптивные генотипы льна-долгунца Надежный, л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083), набравшие наименьшие суммы рангов (табл. 4).

Таблица 4. Ранги параметров адаптивности образцов льна-долгунца по урожайности общего волокна

Название образца	$V_{min}-V_{max}$	$(V_{min}+V_{max})/2$	bi	σ_d^2	KA	Сумма рангов
Ярок	8	16	15	8	4	51
Стойкий	20	4	3	9	3	39
Надежный	21	1	2	3	1	28
Алей	11	5	11	22	3	52
Могилёвский	12	11	12	19	3	57
Порт-5	5	10	17	5	3	40
Порт-7	3	12	20	12	4	51
Рубеж	19	3	4	14	2	42
Днепровский	22	6	1	11	3	43
Авиан	16	7	7	16	3	49
Лизетта	18	9	5	21	3	56
Г-818-93-7	6	18	18	15	5	62
Г-1407-7-28	17	13	6	13	4	53
ВИР-3	7	21	16	6	7	57
л. Сальдо × Могилёвский (BIL1081)	9	8	14	20	3	54
л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083)	1	2	21	2	2	28
В-79	2	22	22	7	8	61
В-153	10	14	13	17	4	58
В-169	15	19	8	1	6	49
Flax of Heilonjiang N13	14	17	9	10	6	56
Flax of Heilonjiang N14	4	20	19	4	7	54
Shuangya №12	13	15	10	18	5	61

Заключение

В результате исследований выделены образцы льна-долгунца, обладающие высокой генетической гибкостью (152,5–174,6) – Надежный, л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083), Рубеж, Стойкий, Алей, Днепровский; пластичностью ($bi = 1,85 - 1,47$) – Днепровский, Надежный, Стойкий, Рубеж и Лизетта; стабильностью ($\sigma_d^2 = 0,4 - 6,3$) – В-169, л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083), Надежный, Flax of Heilonjiang N14; стрессоустойчивостью (-27,4 – -30,3) – л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083), В-79, Порт-7. В качестве источников высокой урожайности льноволокна (145,0 – 163,7 г/м²) выделены образцы Надежный, л. Сальдо × Могилёвский (BIL1083), Рубеж, Стойкий.

В селекционном процессе по созданию адаптивных сортов льна-долгунца с высокой потенциальной продуктивностью льноволокна целесообразно использовать в качестве исходного материала образцы Надежный, л. Сальдо × Могилёвский (ВІЛ1083), у которых наименьшая сумма рангов (28). Данные образцы обеспечивают получение высокой урожайности общего волокна в различных агроклиматических условиях возделывания и способны отзываться на улучшение условий среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусева Л. В., Мальцев Н. В. Сорт как фактор повышения урожайности и экономической эффективности выращивания зерновых культур в условиях Среднего Урала // Теория и практика мировой науки. – 2017. – № 6. – С. 12–17.
2. Трабурова Е. А., Рожмина Т. А. Изучение коллекционных образцов коллекции льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – №32(11). – С. 40–42.
3. Горянина Т. А. Сравнительная оценка сортов озимой тритикале по адаптивной способности и стабильности // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 1. – С. 37–41.
4. Генетические основы селекции растений. В 4 т. Т. 1. Общая генетика растений / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Белорус. наука, 2008. – 551 с.
5. Дёмина И. Ф. Результаты изучения коллекционных образцов пшеницы мягкой яровой в условиях Среднего Поволжья // Аграрная наука евро-северо-востока. – 2020. – Т. 21, № 6. – С. 653–659.
6. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) / В. З. Богдан [и др.]. – Устье, 2011. – 13 с.
7. Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы: принят 02.04.2012; вступ. в силу 03.04.2012. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2012. – 47 с.
8. Агрометеорологический бюллетень / ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»; начальник Т.С. Гомонова, 2023 г. – Минск, 2023. – 9 с.
9. Зыкин В. А., Мешков В. В., Сапего В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: метод. Рекомендации. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1984. – 24 с.
10. Rosielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and nonstress environments. *Crop Sci.*, 1981, 21(6): 943-946.
11. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
12. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. – 1994. – № 2. – С. 3–6.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЦВЕТЕНИЯ СОРТОВ РОЗ ГРУППЫ ФЛОРИБУНДА В КОЛЛЕКЦИИ ЦБС НАН БЕЛАРУСИ

Т. И. НИКОЛОВИЧ

Центральный ботанический сад НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь 220012 E-mail: rosanika79@mail.ru

(Поступила в редакцию 30.04.2024)

В статье представлены результаты изучения продолжительности цветения 22 сортов роз группы флорибунда коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Исследования проводили на территории розария в период 2022–2023 гг. Весь период цветения у изученных сортов условно разделен на две волны. Приведены сравнительные данные о сроках и длительности первого и второго цветения роз группы флорибунда, определены сорта с наименьшей и наибольшей продолжительностью этих показателей в годы исследований. Выявлено, что в 2022 г. менее 100 дней цветут сорта *Attraction*, *Allotria*, *Jubile du Prince de Monaco* и *Oranges and Lemons*, а сортам *Iceberg*, *Gustav Frahm*, *Leonardo da Vinci*, *Oranges Rumba*, *Cyclamen*, *Tamango* и *Concerto* характерна продолжительность цветения более 100 дней. Показано что, самым коротким сроком цветения (85–100 дней) в 2023 г. характеризуются сорта *Oranges and Lemons*, *Allotria*, *Attraction*, *Anne-Mette Poulsen*, наиболее продолжителен (111–121 день) этот показатель у таких сортов, как *Tamango*, *Concerto*, *Iceberg*, *Gustav Frahm*, *Leonardo da Vinci*, *Oranges Rumba*. Выявлена взаимосвязь начала и продолжительности цветения роз группы флорибунда с погодными условиями. Установлено, что в 2023 г. благодаря благоприятным погодным условиям лета и осени вторая волна цветения большинства сортов роз была более продолжительной по сравнению с 2022 годом.

Ключевые слова: роза, флорибунда, *Rosa*, Республика Беларусь, сорт, погодные условия, первое цветение, второе цветение.

The article presents the results of studying the flowering period of 22 varieties of floribunda roses from the collection of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus. The studies were conducted on the territory of the rose garden in the period 2022–2023. The entire flowering period of the studied varieties is conditionally divided into two waves. Comparative data on the timing and duration of the first and second flowering of floribunda roses are provided, and varieties with the shortest and longest duration of these indicators in the years of research are determined. It was revealed that in 2022, the varieties *Attraction*, *Allotria*, *Jubile du Prince de Monaco* and *Oranges and Lemons* bloom for less than 100 days, and the varieties *Iceberg*, *Gustav Frahm*, *Leonardo da Vinci*, *Oranges Rumba*, *Cyclamen*, *Tamango* and *Concerto* are characterized by a flowering period of more than 100 days. It is shown that the shortest flowering period (85–100 days) in 2023 is present in the varieties *Oranges and Lemons*, *Allotria*, *Attraction*, *Anne-Mette Poulsen*, the longest (111–121 days) is for such varieties as *Tamango*, *Concerto*, *Iceberg*, *Gustav Frahm*, *Leonardo da Vinci*, *Oranges Rumba*. A relationship was found between the onset and duration of flowering of floribunda roses and weather conditions. It was found that in 2023, due to favorable weather conditions in summer and autumn, the second wave of flowering of most rose varieties was longer compared to 2022.

Key words: rose, floribunda, *Rosa*, Republic of Belarus, variety, weather conditions, first flowering, second flowering.

Введение

Сортовое разнообразие роз, относящееся к различным садовым группам: флорибунда чайно-гибридные, грандифлора, шрабы, полиантовые, миниатюрные, вызывает все больший интерес у населения.

Благодаря устойчивости многих сортов к различным погодным условиям, розы широко культивируются в зонах умеренного климата, в том числе в Беларуси. Розы флорибунда одни из самых популярных в нашем регионе.

Учитывая большие перспективы использования роз флорибунда в озеленении городов и поселков Беларуси, было проведено изучение продолжительности цветения некоторых сортов этой группы.

В структуре современной коллекции роз ЦБС НАН Беларуси флорибунда (*Floribunda*) – самая многочисленная садовая группа. Она представлена 74 сортами. Пополнение коллекции новыми сортами роз группы флорибунда в ЦБС НАН Беларуси происходит за счет интродукции новых зарубежных сортов. Однако есть сорта, которые сохраняются в коллекции уже более 50–65 лет.

Розы флорибунда отличаются от других роз многоцветковыми соцветиями, огромным разнообразием окрасок, что делает их цветение обильным и красочным [1]. В наших климатических условиях им характерны две волны цветения с небольшим периодом покоя. Благодаря такой биологической особенности эти розы декоративны длительный период – почти 3 месяца. Однако в условиях Южного берега Крыма и Абшерона, у роз этой группы, наблюдается четыре периода цветения. В целом, от 90 до 200 дней цветут розы флорибунда в ЮБК и от 120 до 180 дней – Абшерон [2, 3 с.61]. Многие представители флорибунды устойчивы к грибным болезням.

Цель исследований: проанализировать сроки и продолжительность цветения роз группы флорибунда и определить влияние погодных условий Республики Беларусь, на их фенологическое развитие.

Основная часть

Объектом исследования были 22 сорта роз группы флорибунда, входящих в коллекцию Центрального ботанического сада НАН Беларуси.

Фенологические наблюдения проводились на протяжении 2022–2023 гг. Сезонный ритм роста и развития растений изучали по общепринятым методикам И. Н. Бейдеман [4].

Республика Беларусь находится в благоприятном для розы умеренно-континентальном климате. Средняя температура воздуха за 2022 год составила +7,8 °С, что выше климатической нормы на 0,6 °С. Положительная аномалия температуры воздуха была отмечена в январе, феврале, марте, июне, августе, октябре и ноябре. Средняя температура воздуха остальных месяцев была ниже нормы. Средняя температура воздуха весеннего сезона 2022 года составила 6,2 °С, что на 1,1 °С ниже климатической нормы. Средняя по стране температура воздуха за летний сезон 2022 года составила +19,4 °С, что на 1,4 °С выше климатической нормы. Средняя по стране температура воздуха за осенний сезон 2022 года была близка к норме и составила +7,1 °С. В 8 из 12 месяцев года суммы осадков превышали норму. Наибольшая сумма осадков отмечена в июле – 104,4 мм, или 117 % климатической нормы за месяц. Самым сухим месяцем был март, за который в среднем по Беларуси выпало 6,4 мм осадков, что составило 17 % климатической нормы [5].

Средняя температура воздуха за 2023 год составила +8,6 °С, что выше климатической нормы на 1,4 °С. Положительная аномалия температуры воздуха была отмечена на протяжении всех месяцев, кроме мая и июля. Средняя по Беларуси температура воздуха за май 2023 года составила +13,0 °С, что ниже климатической нормы на -0,4 °С. Минимальная температура воздуха составила -5,9 °С, превысив исторический минимум температуры воздуха в мае для данного пункта наблюдения. Средняя по Беларуси температура воздуха за август 2023 года составила +20,7 °С, что выше климатической нормы на 2,7 °С. Средняя по стране температура воздуха за осенний сезон 2023 года была на 1,7 °С выше климатической нормы и составила +8,7 °С. Количество осадков за летний период соответствовало климатической норме, хотя в первые два месяца на большей части республики отмечался недобор осадков. Самым сухим месяцем был май, за который в среднем по Беларуси выпало 12 мм осадков, что составило 19 % климатической нормы. Июнь также характеризовался недобором осадков и высокими температурами [6].

Почвы на территории розария дерново-подзолистые, временно избыточно увлажненные супесчаные, на рыхлых пылевато-песчаных супесях, подстилаемые гравийно-хрящеватыми песками не глубже 1 м [7].

Продолжительность и обилие цветения роз, в разные годы может меняться. Причиной этому могут стать стрессовые погодные явления на протяжении весны, когда отрастающие молодые побеги повреждаются воздействием возвратных заморозков. Также розы, ослабленные физиологическим выпреванием, легко поражаются грибными заболеваниями, вызывающими инфекционный ожог и серую гниль, что также снижает обилие цветения. На обилие цветения нередко влияет качество обрезки побегов, недостаток полива, дефицит макро- и микроэлементов, степень поражения болезнями и вредителями.

Для роз флорибунда характерно несколько периодов роста побегов и цветения, в результате чего на одном кусте одновременно можно отметить бутонизацию, рост побегов и листьев, а также созревание плодов от предыдущего цветения.

Наши наблюдения показали, что растения вышли из зимнего покоя в 2022 году без существенных потерь. У большинства сортов наблюдалось вымерзание не более 50 % длины однолетних побегов, только у сортов Henry Morse, Hot Chocolate, Jubile du Prince de Monaco, Concerto, Oranges and Lemons, Centenaire de Lourdes – вымерзло от 50 до 100 % длины однолетних побегов. Погодные условия весны и лета 2022 года были благоприятными для своевременного начала и продолжения вегетации роз.

Анализ состояния растений после зимы 2022–2023 гг. показал, что изучаемые нами сорта роз группы флорибунда достаточно хорошо перенесли неустойчивые погодные условия. У сортов Henry Morse, Concerto, Centenaire de Lourdes, как и у большинства сортов, наблюдалось вымерзание не более 50 % длины однолетних побегов, что явилось показателем улучшения их перезимовки, в сравнении с 2022 годом. У сортов Hot Chocolate, Jubile du Prince de Monaco, Oranges and Lemons, Lace вымерзло от 50 до 100 % длины однолетних побегов. Вегетация растений в 2023 г. началась достаточно рано для наших климатических условий – II-я декада марта. Однако майскими заморозками были повреждены отросшие побеги и растения подверглись повторной обрезке, вследствие чего им пришлось отрастать заново. Аномально засушливый июнь также внес изменения в рост и развитие растений.

Последующие летние месяцы и осень характеризовались благоприятными температурными показателями, тем самым погодные условия положительно повлияли на сроки цветения растений.

Данные по продолжительности цветения роз флорибунда в 2022–2023 гг. представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика цветения роз группы флорибунда в 2022–2023 гг. в ЦБС НАН Беларуси

Название сорта	Начало цветения, декада/месяц	Продолжительность, дни		Период покоя, дни	Всего дней
		1-го цветения	2-го цветения		
2022 г.					
Oranges Rumba	I дек. 06	34–36	82	14–16	117
Gustav Frahm	II дек. 06	33–35	82	14–16	116
Iceberg	II дек. 06	29–31	86	14–16	116
Leonardo da Vinci	II дек. 06	33–35	82	14–16	116
Concerto	III дек. 06	30–3	82	14–16	111
Cyclamen	II дек. 06	28–30	82	14–16	111
Tamango	II дек. 06	28–30	82	14–16	111
Крымчанка	III дек. 06	30–32	74	16–18	106
Eye Paint	III дек. 06	33–35	71	16–18	105
Tatton	II дек. 06	28–30	76	16–18	105
Arthur Bell	II дек. 06	31–33	72	14–16	104
Henry Morse	I дек. 07	29–31	74	14–16	104
Lacre	II дек. 06	29–31	74	14–16	104
Rosalinde	III дек. 06	28–30	75	16–18	104
Anne-Mette Poulsen	II дек. 06	25–27	74	18–20	100
Centenaire de Lourdes	I дек. 07	33–35	66	16–18	100
Hot Chocolate	III дек. 06	25–27	74	14–16	100
Lichterloh	II дек. 06	25–27	74	14–16	100
Jubile du Prince de Monaco	II дек. 06	28–30	68	14–16	97
Attraction	III дек. 06	26–28	66	16–18	93
Oranges and Lemons	II дек. 06	28–30	59	16–18	88
Allotria	I дек. 07	16–18	68	14–16	85
2023 г.					
Oranges Rumba	II дек. 06	33–35	83	15–17	117
Gustav Frahm	II дек. 06	32–34	83	14–16	116
Iceberg	III дек. 06	30–32	85	15–17	116
Leonardo da Vinci	III дек. 06	30–32	85	14–16	116
Concerto	I дек. 07	29–31	85	14–16	115
Tamango	III дек. 06	27–29	85	14–16	113
Cyclamen	III дек. 06	26–28	83	14–16	110
Arthur Bell	II дек. 06	29–31	78	16–18	108
Tatton	III дек. 06	25–27	82	16–18	108
Henry Morse	I дек. 07	30–32	76	14–16	107
Eye Paint	I дек. 07	30–32	75	16–18	106
Rosalinde	I дек. 07	27–29	78	17–19	106
Hot Chocolate	III дек. 06	26–28	78	14–16	105
Lacre	II дек. 06	25–27	78	14–16	105
Крымчанка	III дек. 06	28–30	76	16–18	105
Centenaire de Lourdes	I дек. 07	30–32	72	16–18	103
Jubile du Prince de Monaco	II дек. 06	25–27	76	14–16	102
Lichterloh	II дек. 06	25–27	75	14–16	101
Anne-Mette Poulsen	III дек. 06	24–26	75	18–20	100
Attraction	III дек. 06	25–27	69	16–18	95
Allotria	I дек. 07	16–18	72	14–16	89
Oranges and Lemons	III дек. 06	26–28	61	16–18	88

Анализ полученных данных показывает, что большинство сортов роз группы флорибунда в 2022 году начали цветение во II-й декаде июня (рис. 1). Сорта Attraction, Крымчанка, Hot Chocolate, Rosalinde, Concerto, Eye Paint в 2022 году зацвели в III-ю декаду июня. Раньше всех из исследуемых сортов зацвела роза Oranges Rumba – I-я декада июня. Позже всех (I-я декада июля) – сорта роз Centenaire de Lourdes, Allotria и Henry Morse (рис. 1).

В 2023 году сорта роз флорибунда зацвели во II-й декаде июня, что на 5–7 дней позже в сравнении с 2022 годом. Цветение большинства исследуемых сортов сместилось на III-ю дек. июня, а цветение сортов Centenaire de Lourdes, Allotria, Henry Morse, Rosalinde, Concerto, Eye Paint пришлось на I-ю декаду июля (рис. 1).

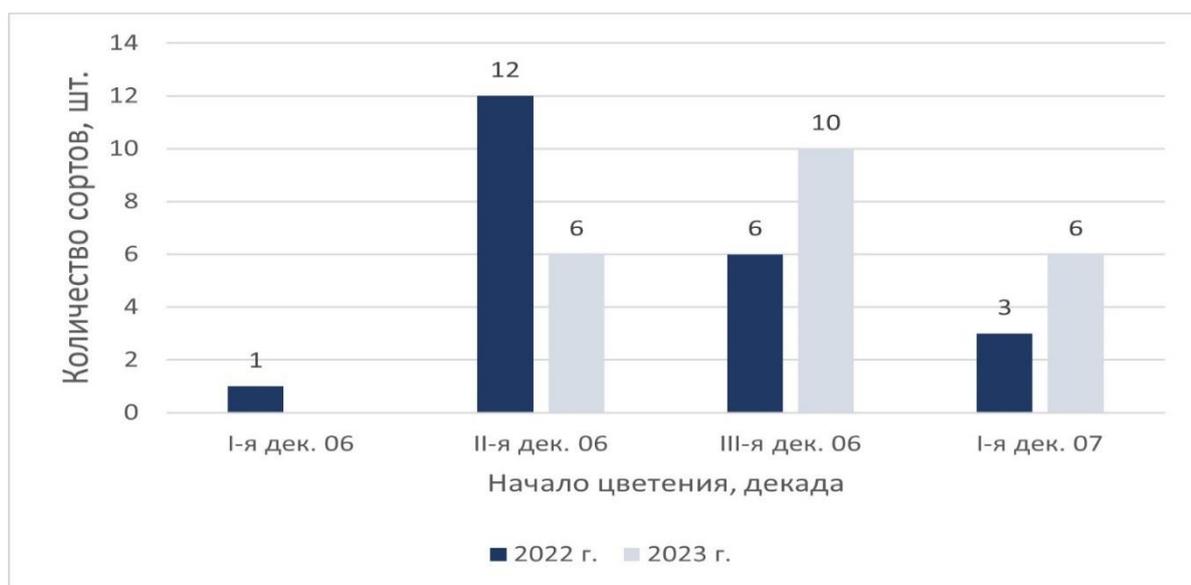


Рис. 1. Сравнение начала цветения роз группы флорибунда в ЦБС НАН Беларуси, в 2022–2023 гг.

Если в 2022 г., во II-й декаде июня, зацвели 12 сортов, то в 2023 г. – лишь 6. В то же время более позднее цветение (I-я декада июля) в 2023 г. отмечено у 6 сортов, что в 2 раза больше, чем в 2022 г.

Сравнительный анализ показывает, что у большинства сортов продолжительность I-го цветения в 2022 году составляет 25–35 дней. Самое длительное цветение отмечено у 5 сортов: Oranges Rumba (34–36 дней), Centenaire de Lourdes, Gustav Frahm, Leonardo da Vinci, Eye Paint (по 33–35 дня). Самым коротким периодом I-го цветения отличался сорт Allotria – 16–18 дней (рис. 2).

У 18 сортов роз флорибунда I-го цветение в 2023 году длилось 25–32 дня. Наиболее продолжительное цветение (32–35 дней) характерно сортам Gustav Frahm и Oranges Rumba (рис. 2). Самым коротким – 16–25 дней было цветение сортов Allotria и Anne-Mette Poulsen.

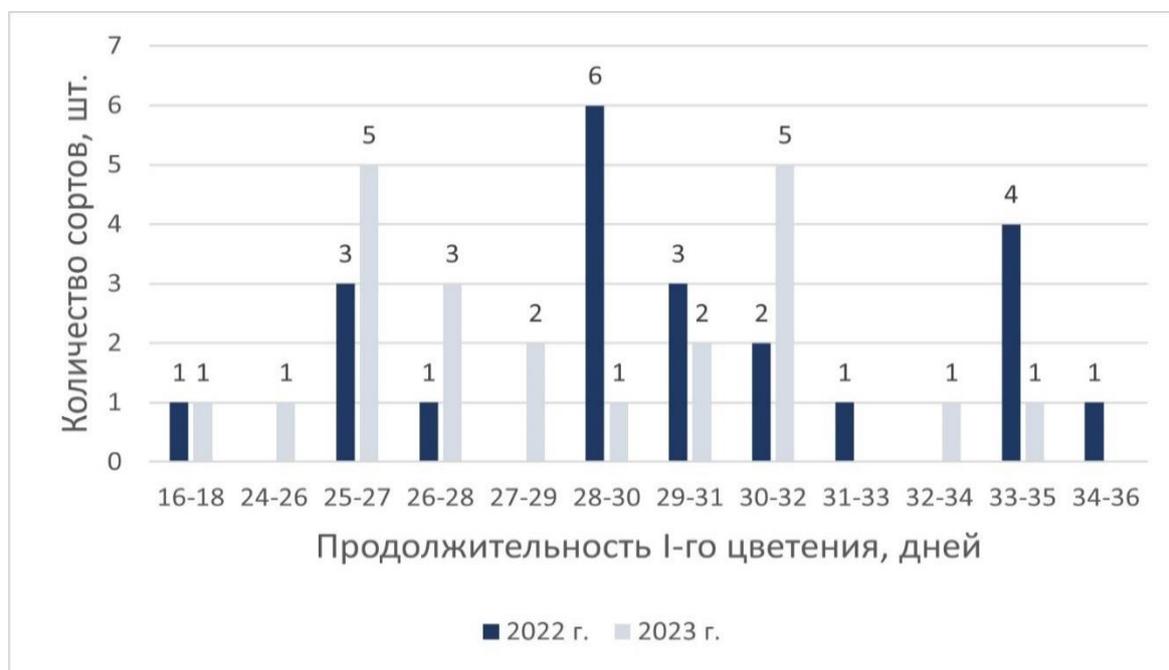


Рис. 2. Продолжительность I-го цветения роз группы флорибунда в ЦБС НАН Беларуси в 2022–2023 гг.

В целом можно отметить, что продолжительность I-го цветения сортов роз в 2023 году уменьшилась незначительно – на 3–5 дней, в сравнении с 2022 годом. Данный факт объясняет влияние аномальных погодных условий мая и июня 2023 года.

Период покоя роз флорибунда короткий. Некоторые побеги еще не успевают отвести, как на смену им подрастают новые. Однако, чтобы розы начали второе цветение одновременно и кусты выглядели

привлекательно, после первого цветения рекомендуется проводить санитарную летнюю обрезку отцветших соцветий и завязывающихся плодов. Последующий полив, внесение жидких удобрений и хороший уход за почвой вызовут образование нового сильного прироста, дающего повторное цветение. Наши наблюдения показали, что период покоя у 14 исследуемых сортов роз флорибунда в 2022 году составлял 14–16 дней, у 7 сортов – 16–18 дней. У сорта Anne-Mette Poulsen период покоя продлился 18–20 дней.

Период покоя у исследуемых сортов в 2023 году составил от 14–16 дней у 11 сортов, 16–18 дней у 7 сортов. Однако у роз Anne-Mette Poulsen и Rosalinde этот период увеличился до 17–20 дней и до 15–17 дней у сортов Oranges Rumba, Iceberg, в сравнении с 2022 годом.

Продолжительность II-го цветения роз в 2022 г. у большинства сортов колебалась от 66 до 76 дней. Наиболее продолжительным цветением (до 82 дней) отличались сорта Gustav Frahm, Leonardo da Vinci, Oranges Rumba, Cyclamen, Tamango и Concerto. До заморозков, на протяжении 86 дней, цвел сорт Iceberg. Второе цветение сорта Centenaire de Lourdes длится 66 дней, однако у него длительное первое цветение 33–35 дней (рис. 3). Примечательно, что в условиях Абшерона сорта Centenaire de Lourdes и Cyclamen отличаются наиболее продолжительным цветением [3].

Рассмотрев продолжительность II-го цветения роз в 2023 году, можно отметить, что у многих сортов она увеличилась. Как показывают данные, большинство растений цвели 72–82 дня. Сорта Iceberg, Gustav Frahm, Leonardo da Vinci, Oranges Rumba, Cyclamen, Tamango, Concerto продолжали цветение в течение 83–85 дней. Менее продолжительным (61–69 дней), было цветение сортов роз Oranges and Lemons, Attraction (рис. 3).



Рис. 3. Продолжительность II-го цветения роз группы флорибунда в ЦБС НАН Беларуси в 2022–2023 гг.

Часто до наступления заморозков растения не успевают завершить вегетацию из-за длительного второго цветения. В условиях ЦБС, сорта Leonardo da Vinci, Cyclamen, Centenaire de Lourdes не успевают сбросить листву и уходят в зиму с зелеными листьями, что отрицательно сказывается на их перезимовке.

Наиболее продолжительное цветение в 2022 году (более 110 дней), характерно для сортов Iceberg, Gustav Frahm, Leonardo da Vinci, Oranges Rumba, Cyclamen и Tamango, Concerto. Продолжительность цветения большинства сортов – 100 дней, т.е. более 3 месяцев. У этих сортов достаточно длительное второе цветение – более 70 дней. Наименьшее количество дней (менее 100) цветут – Attraction, Allotria, Jubile du Prince de Monaco и Oranges and Lemons (рис. 4).

Анализ продуктивности цветения в 2023 году показал, что наиболее продолжительно (111–121 день) цвели сорта Tamango, Concerto, Iceberg, Gustav Frahm, Leonardo da Vinci и Oranges Rumba. Большинство изучаемых сортов цвели от 101 до 110 дней. Самым коротким сроком цветения (85–100 дней) характеризуются сорта Oranges and Lemons, Allotria, Attraction, Anne-Mette Poulsen (рис. 4).

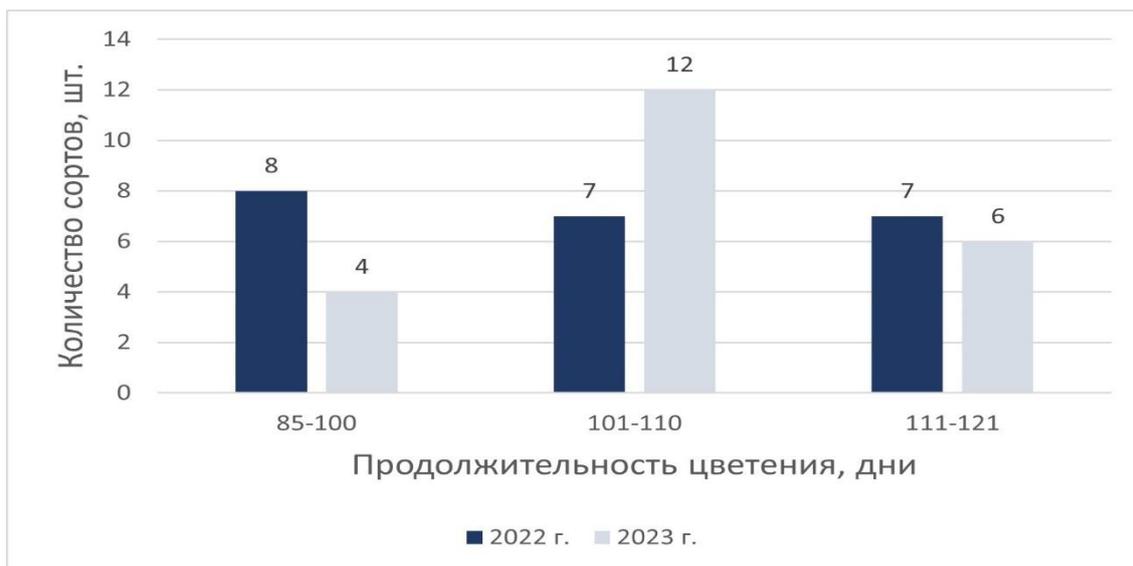


Рис. 4. Сравнение продолжительности цветения роз группы флорибунда в ЦБС НАН Беларуси в 2022 г. и 2023 г

В целом цветение исследованных сортов продолжается с середины июня до середины октября, что особенно ценно для зеленого строительства.

Таким образом, нами установлено, что наиболее заметное влияние погодные условия 2023 года оказали на сроки зацветания и продолжительность II-го цветения исследуемых сортов роз.

Фенологическая фаза «начало цветения» в 2022 г. для большинства сортов наступила в более ранние сроки – I-я и II-я декада июня. Длительным оказалось I-е цветение 2022 г. Наиболее продолжительное II-е цветение отмечено у сортов в 2023 г. Количество сортов цветущих 101–110 дней в 2023 г. увеличилось, тогда как количество сортов, цветение которых составляло 85–100 дней в тот же год – уменьшилось. Динамика показателей цветения сортов (111–121 день) за два года имела незначительные различия. В целом динамика продолжительности цветения сортов в период 2022–2023 гг. приведена на рис. 4.

Заключение

Выявлена взаимосвязь начала и продолжительности цветения роз группы флорибунда с погодными условиями. Благоприятная погода весеннего периода 2022 года повлияла на раннее зацветание и довольно продолжительное I-е цветение растений. Весенний период 2023 года прошел с аномальными майскими заморозками и засухой, поэтому сроки цветения сместились на более поздние. Благодаря благоприятным погодным условиям лета и осени 2023 г. II-е цветение многих растений было более продолжительным по сравнению с 2022 годом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Былов В. Н., Михайлов Н. Л., Сурина Е. И. Розы. Итоги интродукции. – М.: Наука, 1988. – 440 с.
2. Клименко, З. К. Особенности культивирования роз флорибунда в условиях Южного берега Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2017. – № 125. – С. 136-140. – EDN ZUJXIT.
3. Кафарова О. О. Интродукция, селекция и биологические особенности роз группы флорибунда на Абшероне. – Баку, «Элм», 2020. – 196 с.
4. Бейдеман И. Н. Методика изучения фенологии растительных сообществ. – Новосибирск: Наука, 1974. – 153 с.
5. Белгидромет / Климатическая характеристика 2022 года [Электронный ресурс]. – URL: <https://belgidromet.by/ru/climatolog-ru/view/klimaticheskaja-xarakteristika-2022-goda-6400-2023/> (дата обращения: 09.02.2024 г.).
6. Белгидромет / Климатическая характеристика 2023 года [Электронный ресурс]. – URL: <https://belgidromet.by/ru/climatolog-ru/view/klimaticheskaja-xarakteristika-2023-goda-7821-2024> (дата обращения: 12.02.2024 г.).
7. Агеец В. Ю., Слободницкая Г. В., Червань А. Н. Почвы Центрального ботанического сада; Национальная академия наук Беларуси, Центральный ботанический сад. – Минск, ИВЦ Минфина, 2013. – 84 с.

ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА И МУКИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

А. А. КУЛЕШОВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: an_kuleshova00@mail.ru

(Поступила в редакцию 15.05.2024)

В данной статье представлены результаты исследований по применению макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество зерна яровой пшеницы сорта Бомбона на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Максимальная урожайность зерна пшеницы отмечена в вариантах, где применялось микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л и комплексное удобрение Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (69,7 и 70,3 ц/га). Максимальное содержание сырой клейковины отмечено в вариантах с применением МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс зерновой на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 33,2 и 34,4 %. Наиболее высокое качество клейковины было отмечено в вариантах с применением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс зерновой на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, а также АФК с Cu и Mn по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$) вносили стандартные удобрения (113,4, 112,3 и 112,2 ед. ИДК). Наибольшая водопоглощаемая способность (ВПС), сила муки и белизна муки были отмечены в вариантах, где применялись МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс зерновой на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (68,0 и 68,3 %, 281,5 и 283,1 е.а., 38,3 и 38,8 %).

Ключевые слова: макроудобрения, микроудобрения, регуляторы роста, урожайность, качество, яровая пшеница.

This article presents results of research into the influence of application of macro-, microfertilizers and growth regulators on the yield and grain quality of spring wheat variety Bombona on sod-podzolic light loamy soil. The maximum yield of wheat grain was observed in the variants where microfertilizer with growth regulator MicroStim-Copper L and complex fertilizer Nutrivant Plus were used against the background of $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (6.97 and 7.03 t/ha).

The maximum content of raw gluten was observed in the variants using MicroStim-Copper L and Nutrivant plus grain against the background of $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 33.2 and 34.4 %. The highest quality of gluten was noted in variants using MicroStim-Copper L against a background of $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, MicroStim-Copper L and Nutrivant plus grain against a background of $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, as well as NPK with Cu and Mn compared to the option where equivalent dose ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$) of standard fertilizers was applied (113.4, 112.3 and 112.2 units of gluten deformation index).

The highest water absorption capacity (WAP), flour strength and flour whiteness were noted in the variants where MicroStim-Copper L and Nutrivant plus grain were used against a background of $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (68.0 and 68.3 %, 281.5 and 283.1 u.a., 38.3 and 38.8 %).

Key words: macrofertilizers, microfertilizers, growth regulators, productivity, quality, spring wheat.

Введение

Пшеница является одной из важнейших продовольственных культур в Республике Беларусь. Мука из пшеницы – основной вид сырья в производстве хлебобулочных, макаронных и мучных кондитерских изделий. Обеспечение зерноперерабатывающей промышленности сырьем высокого качества является очень серьезной задачей. Важное условие получения качественного зерна – совершенствование технологии возделывания данной культуры [1, 2]. Использование комплексных удобрений в данном случае приобретает особое значение. По сравнению с простыми формами минеральных удобрений комплексные удобрения дают возможность оптимизировать питание растений и снизить затраты на их применение, в то время как стандартные удобрения требуют дополнительных затрат для многократных проходов техники по посевам.

Многие проведенные исследования [3, 4] доказывают, что применение комплексных удобрений для допосевого внесения и некорневых подкормок, применение микроудобрений в хелатной форме и регуляторов роста позволяет оптимизировать питание растений, повысить устойчивость растений к неблагоприятным метеорологическим условиям и при этом получить урожай высокого качества.

Цель исследований – изучить влияние комплексных удобрений для допосевого внесения и некорневых подкормок, микроудобрений в хелатной форме, регуляторов роста и комплексных микроудобрений с регуляторами роста на урожайность и качество зерна яровой пшеницы.

Основная часть

Исследования со среднеспелым сортом яровой пшеницы Бомбона проводили в 2018–2020 гг. в УНЦ «Опытные поля УО БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком. Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная.

В среднем по годам исследований почва опытного участка имела следующие агрохимические показатели: низкое и среднее содержание гумуса (1,5–1,6 %), слабокислую и близкую к нейтральной

реакцию почвенной среды (5,58–6,08), повышенное содержание подвижного фосфора (207,7–249,9 мг/кг), среднюю и повышенную обеспеченность подвижным калием (177,5–257,8 мг/кг), низкое и среднее содержание подвижной меди (1,5–1,7 мг/кг), низкое и среднее содержание подвижного цинка (2,8–3,4 мг/кг) (табл. 1).

Таблица 1. Агрохимические показатели почвы опытного участка перед закладкой опыта

Годы исследований	Гумус, %	pH _{ксл}	м-экв на 100 г почвы			V, %	мг/кг почвы			
			N	S	T		P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn
2018	1,5	5,58	1,48	11,4	12,9	88,5	223,9	257,8	1,7	3,2
2019	1,6	6,08	1,36	12,6	14,0	90,3	249,9	177,5	1,5	2,8
2020	1,6	5,91	1,50	12,1	13,6	90,0	207,7	231,0	1,7	3,4

Норма высева – 5,5 млн всхожих семян. Посев проводился рядовым способом пневматической сеялкой СПУ – 3, глубина заделки – 4 см. Предшественники в 2018 г. – горох, в 2019–2020 гг. – подсолнечник. Посев в 2018–2020 гг. осуществлялся 3 мая, 19 и 23 апреля соответственно.

Основные минеральные удобрения (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) вносили до посева под культивацию в дозах N – 60 кг/га, P₂O₅ – 60–70 кг/га, K₂O – 90–120 кг/га.

Азотная подкормка пшеницы в дозе 30 кг/га (карбамид) проводилась в фазу начала выхода в трубку и фазу флагового листа.

Комплексное удобрение (АФК) марки 16:12:20 с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn вносили до посева в дозе, эквивалентной варианту 3 (N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀), где применяли карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий.

Микроудобрение Адоб Медь и комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим–Медь Л применяли в фазу начала выхода в трубку в дозе 0,8 л/га и 0,7 л/га соответственно. Комплексным удобрением Нутривант плюс зерновой проводили 2 обработки в дозе 2 кг/га в фазу кущения и фазу начала выхода в трубку. Удобрение Кристалон особый в дозе 2 кг/га вносили в фазу кущения, Кристалон коричневый в дозе 2 кг/га – в фазу начала выхода в трубку. Комплексное удобрение Адоб Профит также вносили дважды в фазу кущения и начала выхода в трубку по 2 кг/га. Обработку посевов регулятором роста Экосил в дозе 75 мл/га проводили в фазу начала выхода в трубку.

Некорневые подкормки комплексными, микроудобрениями и регулятором роста проводили согласно схеме опыта ранцевым опрыскивателем.

Уборка и учет урожая проводилась селекционным комбайном «Wintersteiger Delta» поделяночно.

Статистическая обработка полученных данных проводилась по методикам Б. А. Доспехова и М. Ф. Дембицкого [5, 6].

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались. В июне 2018 г. был отмечен недостаток влаги, в июле выпало избыточное количество влаги, что совместно с более поздним сроком сева привело к недобору урожая пшеницы. В 2019 г. в мае, июне и августе был засушливый период, а в июле наблюдалось избыточное увлажнение. В 2020 г. условия для роста растений были в целом благоприятные.

В среднем за 3 года исследований урожайность зерна яровой пшеницы сорта Бомбона была различна и колебалась от 43,9 ц/га на контроле до 70,3 ц/га в варианте Нутривант плюс на фоне N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ (табл. 2). Применение микроудобрений Адоб Медь и МикроСтим–Медь Л по сравнению с фоном N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ повышало урожайность зерна пшеницы на 4,3–5,8 ц/га. При внесении комплексных удобрений и регулятора роста (Нутривант плюс, Кристалон, Адоб Профит, Экосил) урожайность зерна возросла на 3,7–6,8 ц/га. Применение комплексного АФК удобрения с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn повышало урожайность зерна пшеницы на 8,4 ц/га по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ вносили карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий. Максимальная урожайность отмечена в вариантах, где применялся МикроСтим–Медь Л и Нутривант плюс на фоне N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ и составила 69,7 и 70,3 ц/га.

Наряду с урожайностью при возделывании сельскохозяйственных культур большое значение отводится качеству производимой продукции, в частности пшеничной муке, которая используется для питания человека. По таким показателям как содержание и ИДК клейковины, водопоглощительная способность (ВПС), сила муки, белизна муки оцениваются хлебопекарные качества пшеницы.

Сырая клейковина – это белковый сгусток, остающийся при отмывании водой теста, замешанного из муки. Клейковина обладает эластичностью, упругостью и связанностью, от которых зависит качество выпекаемых из муки изделий [7, с. 24]. Содержание сырой клейковины у яровой пшеницы в вариантах, где применяли минеральные удобрения в дозах N₆₀P₆₀K₉₀ и N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀, по сравнению с контролем, возросло на 1,3 и 1,9 %. При внесении микроудобрений Адоб Медь и МикроСтим–Медь Л,

по сравнению с фоном $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, содержание сырой клейковины возросло на 0,7–2,5 %. При внесении комплексных удобрений для некорневых подкормок и регулятора роста (Нутривант плюс зерновой, Кристалон, Адоб Профит и Экосил), по сравнению с фоном $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, содержание сырой клейковины возросло на 0,7–3,1 %. Применение комплексного удобрения для основного внесения АФК с Cu и Mn, по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ вносили карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий, увеличило содержание сырой клейковины на 3,7 %. Внесение повышенных доз минеральных удобрений $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, по сравнению с контрольным вариантом, повысило содержание сырой клейковины на 3,9 %. Максимальное содержание сырой клейковины отмечено в вариантах с применением МикроСтим–Медь Л и Нутривант плюс зерновой на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 33,2 и 34,4 %.

Наиболее высокое качество клейковины было отмечено в вариантах с применением МикроСтим–Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, МикроСтим–Медь Л и Нутривант плюс зерновой на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, а также АФК с Cu и Mn по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$) вносили карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий (112,3 и 112,2 ед. ИДК).

Водопоглотительная способность муки (ВПС) – важный параметр оценки качества муки, по которому можно определить фактический выход хлеба. Если ВПС в норме, тогда производство будет выпускать расчетное количество хлеба без сырьевых потерь. Однако, если мука обладает низким ВПС, тогда тесто получается слабым и для доведения его до необходимой консистенции возникает необходимость добавления дополнительного количества муки [8]. В наших исследованиях за 3 года исследований ВПС колебалась в пределах 65,2–68,3 % и наибольшая ВПС была отмечена в вариантах, где применялись МикроСтим–Медь Л и Нутривант плюс зерновой на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (68,0 и 68,3 %) (табл. 2).

Сила муки – один из важнейших показателей физических свойств теста, который оценивается на альвеографе. Для сортов сильной пшеницы требуемая величина этого показателя – не менее 280 единиц альвеографа (е.а.) [9]. Данные свидетельствуют о том, что на фоне без удобрений сила муки у яровой пшеницы сорта Бомбона значительно снижена относительно установленных требований (табл. 2). Наибольшая сила муки отмечена в вариантах с некорневыми подкормками, где применялись МикроСтим–Медь Л и Нутривант плюс зерновой на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$.

Таблица 2. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество зерна и муки яровой пшеницы сорта Бомбона в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты	Урожайность, ц/га	Содержание клейковины, %	Качество клейковины, ед. ИДК	ВПС, %	Сила муки, е.а.	Белизна муки, %
Контроль (без удобрений)	43,9	26,0	104,3	65,2	242,2	31,5
$N_{60}P_{60}K_{90}$	53,5	27,3	105,4	65,9	251,5	31,5
$N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – фон 1	58,0	27,9	109,4	66,0	247,3	32,1
Фон 1 + Адоб Медь	62,4	28,6	111,0	66,5	256,8	33,7
Фон 1 + МикроСтим–Медь Л	63,8	30,4	113,4	67,2	268,1	34,5
Фон 1 + Нутривант плюс зерновой	64,9	31,0	111,9	66,6	273,7	34,6
Фон 1 + Кристалон	62,4	29,1	109,9	66,1	272,1	34,7
Фон 1 + Адоб Профит	63,3	29,1	109,8	66,8	271,0	35,4
Фон 1 + Экосил	61,7	28,6	109,6	66,2	262,0	36,7
АФК с Cu, Mn + N_{30} (эквивалентный по НРК варианту 3)	66,4	31,6	112,3	66,7	277,4	37,1
$N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – фон 2	62,2	29,9	109,7	66,6	281,1	37,3
Фон 2 + МикроСтим–Медь Л	69,7	33,2	112,3	68,0	281,5	38,3
Фон 2 + Нутривант плюс зерновой	70,3	34,4	112,2	68,3	283,1	38,8
НСР ₀₅	1,05	0,57	1,82	1,26	15,88	0,91

Показатель белизна имеет существенное значение для практического хлебопечения, поскольку дает возможность судить о степени очистки муки от отрубянистых частиц и о её сортности. Из светлой муки получается хлеб с более светлым мякишем. Для высшего сорта не менее 54 %, 1-го сорта не менее 30 %, 2-го сорта – не менее 12 % [8]. В проведенных исследованиях показатель белизны во всех вариантах колеблется в пределах 31,5–38,8 % и относится к 1 сорту. Наибольшая белизна муки наблюдалась в вариантах с применением МикроСтим–Медь Л и Нутривант плюс зерновой на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (38,3 и 38,8 %) (табл. 2).

Заключение

1. Применение удобрений и регулятора роста положительно влияло на урожайность и качество зерна и муки яровой пшеницы сорта Бомбона. Максимальная урожайность зерна пшеницы отмечена

в вариантах, где применялись микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л и комплексное удобрение Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (69,7 и 70,3 ц/га).

2. Максимальное содержание сырой клейковины отмечено в вариантах с применением МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс зерновой на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 33,2 и 34,4 %. Наиболее высокое качество клейковины было отмечено в вариантах с применением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс зерновой на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, а также АФК с Си и Мп по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$) вносили стандартные удобрения (113,4, 112,3 и 112,2 ед. ИДК).

3. Наибольшая водопоглонительная способность (ВПС), сила муки и белизна муки были отмечены в вариантах, где применялись МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс зерновой на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (68,0 и 68,3 %, 281,5 и 283,1 е.а., 38,3 и 38,8 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: учеб.-метод. пособие / И. Р. Вильдфлуш и др.; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки : БГСХА, 2016. – 383 с.

2. Бутяйкин В. В., Истихин С. В., Конаков А. В. Технологии в сельском хозяйстве. – Саранск: ООО «Референт», 2014. – 64 с.

3. Эффективность жидких удобрений МикроСтим при возделывании пропашных, овощных плодово-ягодных культур на дерново-подзолистых почвах / М. В. Рак и др. // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – №1 (48). – С. 109–116.

4. Коготько Е. И., Вильдфлуш И. Р. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от сорта, удобрений, росторегуляторов и инокулянта // Земледелие и растениеводство. – 2020. – № 6 (133). – С. 23–28.

5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований). – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с

6. Дзямбіцкі М. Ф. Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматгадовага палявога доследу // Весці Акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – № 3. – С. 60–64.

7. Муравин Э. А. Агрохимия: учеб. – Москва: КолосС, 2004. – 384 с

8. Результаты изучения показателей качества зерна, муки и их сопряженной изменчивости при разных технологиях возделывания озимой пшеницы / И. В. Сацюк и др. // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2019. – № 55. – С. 126–132.

9. Сила муки и её значение [Электронный ресурс]. – URL: <https://studfile.net/preview/7336436/page:3/> (дата обращения: 09.06.2024).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ И НАУКЕ: ОБЗОР

Б. Ж. ЖАНЗАКОВ, Ф. К. КУЛЫНТАЙ, В. Ф. СКОБЛИКОВ, А. И. ЛИСЕНОВИЧ, Е. А. ТЕН

*ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А. И. Бараева»
п. Научный, Шортандинский район, Республика Казахстан, 021601*

(Поступила в редакцию 15.05.2024)

Сельское хозяйство жизненно необходимая отрасль производства, от которой зависит продовольственная безопасность страны. Поэтому усовершенствование и оптимизация возделывания сельскохозяйственных культур для получения высокого и качественного урожая является первоочередной задачей науки и отрасли. В этой связи использование современных методов мониторинга и оценки посевов является актуальным инструментом оптимизации ресурсов.

В статье рассмотрены возможности использования методов дистанционного зондирования и некоторых вегетационных индексов при возделывании сельскохозяйственных культур и в селекционном процессе. Приведены результаты зарубежных и отечественных исследований с использованием наиболее популярных вегетационных индексов. Отмечена высокая взаимосвязь между урожайностью и показателями индексов вегетации, в частности с NDVI. Отмечена эффективность доступных космических снимков по информативности, оперативности и охвату территории, но имеющих низкое разрешение (10–30 м). Несмотря на относительно низкое разрешение данных космических снимков, для выполнения производственных задач и крупномасштабных исследований они пригодны. Но, в то же время, это не позволяет использовать их для анализа селекционных посевов, имеющих обычно небольшие площади. Определен перспективный и оптимальный на данный момент метод съемки – с использованием беспилотных летательных систем/аппаратов с мультиспектральной или гиперспектральной камерой.

Ключевые слова: *дистанционное зондирование, беспилотные летательные аппараты, индексы вегетации, коэффициент корреляции, урожайность.*

Agriculture is a vital industry, on which the country's food security depends. Therefore, improving and optimizing the cultivation of agricultural crops to obtain a high-quality harvest is a priority for science and industry. In this regard, the use of modern methods of monitoring and assessing crops is a relevant tool for optimizing resources. The article discusses the possibilities of using remote sensing methods and some vegetation indices in the cultivation of agricultural crops and in the selection process. The results of foreign and domestic studies using the most popular vegetation indices are presented. A high relationship between crop yield and vegetation index indicators, in particular with NDVI, is noted. The effectiveness of available space images in terms of information content, efficiency and coverage of the territory, but having a low resolution (10-30 m), is noted. Despite the relatively low resolution of these space images, they are suitable for performing production tasks and large-scale studies. But, at the same time, this does not allow using them for analyzing breeding crops, which usually have small areas. A promising and currently optimal method of surveying has been identified – using unmanned aerial systems/devices with a multispectral or hyperspectral camera.

Key words: *remote sensing, unmanned aerial vehicles, vegetation indices, correlation coefficient, crop yield.*

Введение

Методы дистанционного зондирования активно применяются в сельском хозяйстве. С использованием спутниковой и беспилотной фотосъемки производят построение цифровых моделей рельефа, анализ неоднородности плодородия земель по спектральным характеристикам растительности, контроль выполнения работ на полях, оценку вариабельности посевов по различным вегетационным индексам, выявление повреждений растительности от внешних воздействий [1, 2], оценивают состояние больших массивов землепользования и посевов [3, 4], получают информацию о водопотреблении сельскохозяйственных культур [5].

С использованием индексов вегетации определяется величина и динамика изменения растительного покрова в пространстве и времени [6].

Установлено, что определить степень развитости и состояния растений можно, используя вегетационный индекс NDVI [7, 8, 9, 10]. Ряд простых операций с цветовыми гаммами может предоставить множество параметров, которые могут быть потенциально использованы в качестве индикаторов характеристики растительности [11].

Также, используя соответствующее программное обеспечение для анализа RGB изображений с цифровой камеры, можно определить зеленую биомассу и другие характеристики, представляющие интерес [12]. Например, обследование посевов с использованием данных RGB изображений и индекса зеленых листьев $GLI = (2 \times \text{Green} - \text{Red} - \text{Blue}) / (2 \times \text{Green} + \text{Red} + \text{Blue})$ является информативным инструментом для общей оценки состояния посевов [13].

Спутниковые снимки становятся более доступными для использования [14, 15] в производственных условиях, но применение их в научных целях и, в частности, в селекционном процессе ограничи-

вается их низким пространственным разрешением (10–30 м), так как посевы культур в селекционных программах [16] имеют небольшую площадь.

В связи с этим спутниковые снимки практически не используются для анализа и сравнения селекционных линий, тем более их сложно применять, когда образцы характеризуются близкими показателями и признаками (от разновидности до урожайности и зимостойкости) [17].

Тем не менее обширный информационный материал в виде численных показателей дистанционного зондирования позволяет перевести зачастую качественные характеристики в численные, снизить влияние субъективности в селекции, расширить объем исследуемых вариантов в опыте, и более детально характеризовать селекционные линии для дальнейшей работы, подкрепляя собственную интуицию цифровыми характеристиками признаков [17, 18, 19].

В данном случае, применительно к селекционным программам, аэрофотосъемка с помощью беспилотных летательных аппаратов и мультиспектральных и гиперспектральных камер более оптимальна, так как позволяет получать значения растительных индексов с малых площадей с разрешением до 1 см на пиксель. Такой подход, например, позволяет оценить перезимовку озимых культур в селекционных посевах [20].

Однако использование средств и материалов дистанционного зондирования в республике является достаточно новым направлением и не имеет значительной базы опытных данных, в связи с чем имеется необходимость как обобщения имеющегося опыта использования ДЗЗ и известных индексов вегетации в сельском хозяйстве Северного Казахстана, так и определения возможности их использования в селекционном процессе.

Основная часть

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – процесс получения информации о поверхности и недрах Земли путем наблюдения и измерения из космического пространства собственного и отраженного излучения элементов суши, океана и атмосферы [21].

Космические аппараты дистанционного зондирования используются для мониторинга природных ресурсов Земли, решения задач метеорологии, а также применяются в сельском хозяйстве, геодезии, картографии, мониторинге поверхности земли и океана [21].

Спутниковое дистанционное зондирование в сельском хозяйстве началось с того, что большинство исследователей использовали данные для классификации растительного покрова, а фермеры сосредоточили внимание на типах сельскохозяйственных культур в качестве основного показателя. В последние годы биофизические свойства растений стали играть более важную роль в дистанционном зондировании в сельском хозяйстве. Классификация растительных покровов на основе обработки изображений является одним из крупнейших достижений в этой области. В точном земледелии преимущество дистанционного зондирования заключается в предоставлении повторяющейся информации без деструктивного отбора проб сельскохозяйственных культур, что позволяет получить полезную информацию удаленно. В больших географических районах дистанционное зондирование представляет собой недорогую альтернативу традиционным методам сбора данных [22].

Для нужд сельского хозяйства интерес вызывают снимки, сделанные и в «естественной комбинации», и в комбинации разных спектральных каналов.

Отмечено, что вегетирующие растения за счет хлорофилла максимально усваивают красную зону спектра (0,62...0,75 мкм) солнечной радиации и отражают ближнюю инфракрасную зону (0,75...1,30 мкм). Это позволяет четко отделять живую растительность от прочих природных объектов [17]. Дальнейшая их комбинация между собой, с другими спектрами и поправочными коэффициентами позволяет создавать индексы вегетации.

Для вычисления индексов используют следующие спектральные каналы мультиспектральных камер: синий (Blue) – 0,450...0,495 мкм; зеленый (Green) – 0,540...0,580 мкм; красный (Red) – 0,620...0,680 мкм; пограничный красный (RedEdge) – 0,707...0,727 мкм; ближний инфракрасный диапазон (NIR) – 0,800...0,880 [17].

Комбинация красного или относительного коэффициента индекса растительности: $RVI = RED / NIR$ (ratio vegetation index). Эта комбинация очень популярна и используется, главным образом, для изучения состояния растительного покрова, мониторинга дренажа и почвенной мозаики, а также для изучения агрокультуры [23].

Наиболее популярен и часто используется индекс вегетации, который состоит из следующей комбинации: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$ (normalized difference vegetation index) [24].

Для растительности NDVI принимает положительные значения, и чем больше вегетирующая биомасса, тем он выше и характеризует плотность растительности, что позволяет оценить всхожесть,

рост, развитие и т.п. Индекс малочувствителен к атмосферным и почвенным фонам, кроме случаев со слабой растительностью [1, 2, 17].

Расширенный индекс растительности EVI (Enhanced Vegetation Index) $= 2,5 \times ((\text{NIR} - \text{Red}) / ((\text{NIR}) + (\text{C1} \times \text{Red}) - (\text{C2} \times \text{Blue}) + \text{L}))$, где поправочные коэффициенты $\text{C1} = 6$, $\text{C2} = 7,5$, $\text{L} = 1$. Это улучшенный вегетационный индекс имеет усиленный сигнал от растительности в регионах с высокой биомассой, а также разделение сигнала от растительности и почвы и минимизации остаточного влияния аэрозолей в атмосфере [25, 26]. С целью использования данных более высокого временного разрешения путём оптимизации (минимизация разницы EVI и EVI2) были вычислены значения параметров для EVI2 (двухдиапазонный EVI) $= G \times (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + C \times \text{RED} + \text{L})$, где поправочные коэффициенты $G = 2,5$, $C = 2,4$, $L = 1$ [27]. Эта версия EVI2 применима для данных с датчиков MODIS на спутниках TERRA и AQUA [28]. Существуют и другие индексы EVI2, например для датчиков ASTER. У них с MODIS разные диапазоны. Поэтому у EVI2 Miura T. (2008) комбинация спектров: $2,4 \times (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED} + 1)$ [29]. EVI2 может быть использован в качестве замены EVI для извлечения значений пикселей QA (Quality Assessment или качественной оценки), которые не содержат облаков или снега и небольшого количества аэрозоля [30].

В работе Huete A. R. (1988), было показано, что значение $L = 0,5$ является оптимальным для минимизации влияния почвы. В дальнейшем разработанный индекс стал основой для целого семейства параметрических индексов вида SAVI (индекс растительности с коррекцией по яркости почвы. Он часто используется в пустынных областях, где растительное покрытие незначительно). В развитии идеи устранения влияния почвы на основе SAVI было предложено эмпирически найденное решение для неизвестного параметра L [31], которое было модифицировано в виде итеративного способа расчёта коэффициента L , дающего наиболее оптимальное решение задачи минимизации эффекта почвы: $L = 1 - 2N + 1 - \sqrt{(2N + 1)^2 - 8(N - R)} / 2$. Данный индекс также используется для уточнения границ в случае преобладания травянистой растительности [32].

Перечисленные индексы являются самыми популярными.

Проводились исследования и по сравнению эффективности разных индексов вегетации. Комаровым А. А., Мунтяным А. Н., Сухановым П. А. (2018) при сравнительном анализе ряда вегетационных индексов по спутниковым данным Difference Vegetation Index (DVI), Green Difference Vegetation Index (GDVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI), Leaf Area Index (LAI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) с пространственным разрешением 30 м установлено наличие статистически значимой связи урожайности зерновых культур и многолетних трав по всем индексам вегетации, что наблюдалось с середины мая. При этом наибольший коэффициент корреляции был выявлен для индексов DVI и SAVI – $r=0,895$ и $0,877$ соответственно, $p=0,01$ [33]. Однако более поздние исследования Комарова А. А., Кирсанова А. Д., Малашина С. Н. (2021) по сравнению различных вегетационных индексов показали, что NDVI наиболее информативен (в таежной зоне Ленинградской области, РФ) и больше других подходит для целей и задач оценки состояния растений, особенно в кормопроизводстве. Вместе с тем авторы советуют не отказываться от применения других индексов вегетации. Особенно необходимо учитывать не только достоинства, но и некоторые недостатки использования индекса NDVI. Поэтому другие индексы вегетации будут хорошо дополнять NDVI [34].

Обширные исследования проведены и по определению связи показателей индексов вегетации с урожайностью сельскохозяйственных культур и различными фенологическими показателями.

Так, Гениным В. А., Клебановичем Н. В. (2018), установлено, что урожайность кукурузы имеет высокую степень связи с индексом вегетации в определённую фенологическую стадию развития растений, для которой уровень связи максимальный в фазе 15-ого листа. Также было обнаружено, что для сои уровень связи значительно ниже, чем для кукурузы [35].

Урожайность сои в меньшей степени связана со значением ее вегетационной массы, что в первую очередь может быть объяснено тем, что соя является бобовой культурой, у которых обычно урожайность семян слабо связана с величиной общей биомассы. Однако, предполагается, что участки со средними и высокими показателями индекса вегетации сои на момент наступления фенологической стадии плодообразования могут в итоге дать более высокие значения убираемой массы зерна [35].

Аналогичные исследования, проведённые Zhang, M., O'Neill, M., Hendley, P., Drost, D., Ustin, S. (1998) [36] показывают, что между показателями индексов вегетации и данными урожайности существует тесная связь при условии правильно подобранного интервала съёмки. В ходе исследования с использованием статистических моделей им удалось объяснить 70 % урожайности культур. Успешная оценка вариативности урожайности сои была произведена в США с использованием данных

съемки беспилотного летательного аппарата [37]. Еще одно исследование было проведено в Латинской Америке [38], в ходе которого авторы использовали данные в фенологическую фазу цветения кукурузы и данные урожайности на тестовых площадках, где также были получены высокие коэффициенты статистической связи.

В исследованиях Оленина О. А., Зудилина С. Н., Осоргина Ю. В. (2019), подсчет коэффициентов корреляции между индексами NDVI и физическими показателями биомассы озимой пшеницы – всего и массы зерна показали, что наибольшая корреляция отмечается в фазе молочной спелости у озимой пшеницы (с массой зерна, $r = 0,82$); в фазе начала колошения ячменя (с массой зерна, $r = 0,97$). Отмечается, что могут быть также получены отрицательные коэффициенты корреляции, на участках, где имеется значительное преобладание биомассы сорняков над биомассой растений культур. Данный фактор необходимо учитывать при дальнейших исследованиях [39].

В работе Генином В. А., Клебановичем Н. В. (2018) рассмотрена связь индекса вегетации и урожайности озимой пшеницы, было показано, что индекс вегетации имеет значительную связь с массой убираемого зерна [40].

Исследования были проведены не только по определению связи индексов вегетации с урожайностью, но и с другими показателями растений.

Так, Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г., Шестакова Е. О. (2018) установили, что коэффициент корреляции между индексами вегетации и относительным содержанием хлорофилла в мг/г составляет $r = 0,79$. Это говорит о достаточно высокой степени сопряжения NDVI с количеством фотосинтетических пигментов в органах растений озимой пшеницы [41].

Также авторами, установлено, что корреляционная связь урожайности с NDVI повышается с улучшением условий выращивания. Они предполагают, что это может быть связано с действием факторов окружающей среды, не позволяющих реализовать посевам в достаточной степени потенциал продуктивности, связанный с технологическими и генотипическими особенностями в сложившихся условиях [42].

Высокая степень взаимосвязи между содержанием хлорофилла в единице биомассы растений озимой пшеницы и индексом NDVI получена в исследованиях Панеш А. Х и Цалова Г. В. (2017). Отрицательные значения полученных коэффициентов корреляции R_{corr} объясняются тем, что максимальная концентрация хлорофилла у озимой пшеницы имеет место в начальные периоды роста и развития. Ими же выявлено наличие невысокой корреляционной взаимосвязи между площадью ассимиляционной поверхности посевов озимой пшеницы и их индексом NDVI. Коэффициент корреляции в среднем за период исследований составил 0,65 [43].

Отмечено, что показатели разных индексов имеют разную корреляцию с урожайностью и выходом белка с единицы площади в разные периоды, но визуально дублируют графики NDVI. В разный период у разных индексов вегетации – корреляция колеблется от отрицательной до положительной [17].

Также, данные вегетационных индексов могут быть использованы как индикатор для определения обеспеченности растений влагой. Исследования Das D.K., Singh G. (1989) показали, что в видимом спектре культуры, подверженные стрессу от нехватки влаги, демонстрировали более высокую спектральную отражательную способность, чем культуры, не подвергавшиеся стрессу. Определена разница между стрессовыми и нестрессовыми культурами по значениям вегетационных индексов – NDVI, RVI, PVI и GI [5].

Методы дистанционного зондирования и индексы вегетации обширно применяются в оценке здоровья и темпов роста растений сельскохозяйственных культур.

В ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А. И. Бараева» активно применяются методы дистанционного зондирования и индексы вегетации для мониторинга за посевами в период вегетации (рис. 1).

Также, ведутся постоянные наблюдения и исследования по разработке методов дистанционной оценки проявления водной эрозии (рис. 2).

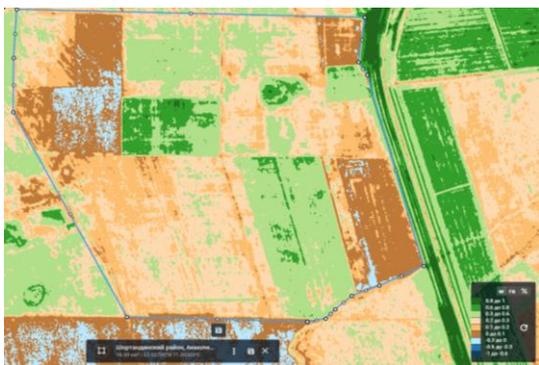


Рис. 1. Индекс ARVI (05.08.2022г.).
Поля ТОО «НПЦЗХ им. А. И. Бараева»



Рис. 2. Аэрофотоснимок весенних водотоков
(10.04.2023 г.)

Установлено, что дистанционный мониторинг полей позволяет получать оперативную информацию о проявлениях водной эрозии для принятия последующих решений, к тому же существенно снижает временные и трудовые затраты на проведение обследований на больших площадях сельскохозяйственных угодий [44].

Как показывают результаты краткого обзора, различные индексы вегетации достаточно полно характеризуют состояние и развитие посевов, позволяют корректировать и прогнозировать уровень урожайности культур. Поэтому имеется возможность применения материалов дистанционного зондирования для сравнительного анализа выделяемых линий и сортов культур.

Исследования по использованию индексов вегетации в области селекции локальны, но имеют место быть.

Зарубежные ученые, Yang G., Liu J., Zhao C., Li Z., Huang Y., Yu H., Yang, H. (2017), занимающиеся дистанционным зондированием, 5–7 лет назад уже начали оценивать признаки растений и анализировать данные селекционных экспериментов [45]. Однако Machwitz M., Pieruschka R., Berger K., Schlerf M., Aasen H., Fahrner S., Rascher U. (2021) отмечают, что их результаты в то время часто не интерпретировались в свете физиологических процессов, которые определяют отношение урожая к окружающей среде [46].

Вилунов С. Д., Зотиков В. И., Сидоренко В. С., Старикова Ж. В., Мальцев А. А. (2022), установили, что у селекционных вариантов озимой пшеницы визуально было заметно отсутствие стабилизации индексов и слабое, затяжное увядание в период оттока ассимилянтов в зерновку. По их мнению, такие линии должны исключаться из дальнейшей селекции. Предпосылки для их исключения можно предполагать еще при весеннем анализе индексов вегетации [17].

Ыдырыс А. А., Сарбаев А. Т., Есимбекова М. А., Дубекова С. Б. (2022), в условиях юго-востока Казахстана, изучали возможность оценки линий яровой пшеницы по RGB и мультиспектральным снимкам. Ими были выявлены высокие положительные коэффициенты корреляции между NDVI и зеленой зоной (GA), относительно зеленой зоной (GGA), зеленой зоной на м² (GAm²) и относительно зеленой зоной на м² (GGAm²) на аэрофотоснимках с естественной комбинацией цветов и урожайностью на них [47].

Lammerts van Bueren E. T., Struik P. C. (2017) отмечают, что в целом функциональные признаки и косвенная оценки сельскохозяйственных культур определенная на основе разнообразных спектральных данных в гибридном рабочем процессе может стать краеугольным камнем точного земледелия и важным элементом для разработки новых селекционных стратегий [48].

Однако, фундаментальных исследований по использованию дистанционного зондирования и индексов вегетации в селекционном процессе должным образом не проводилось.

Заключение

Вышеизложенный обзор работ по ДЗЗ дают основание полагать, что методы дистанционного зондирования с использованием индексов вегетации являются хорошим инструментом контроля за ростом и развитием растений.

Более детальные исследования были проведены в определении связи индексов с накоплением биомассы, содержанием хлорофилла в растениях и формированием урожайности. Однако, исследований по использованию дистанционного зондирования с индексами вегетации в области селекции мало.

Учитывая то, что с помощью дистанционного зондирования и индексов вегетации снизится субъективность и качественные показатели будут подкрепляться цифровыми данными в определении лучших селекционных линий, уже сейчас можно судить о перспективности использования ДЗЗ и ин-

дексов вегетации (NDVI, SAVI, EVI, ARVI, GNDVI и т.д.) в селекционном процессе. Это и требует дальнейшего изучения.

Данная статья опубликована в рамках ПЦФ МСХ РК: BR22885719 «Разработать и внедрить устойчивые системы земледелия для рентабельного производства сельскохозяйственной продукции в условиях изменяющегося климата для различных почвенно-климатических зон Казахстана» на 2024–2026 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фахрутдинов, Р. Р., Барышников, Н. А., Гусева, С. А. Беспилотные технологии в АПК – перспективы и востребованность на рынке. – Режим доступа: <http://docplayer.ru/64559340-Oblasti-primeneniya-bpla.html> – Дата обращения: 20.04.2023.
2. Фахрутдинов, Р. Р., Барышников, Н. А., Гусева, С. А. Опыт применения мультиспектральной съемки в области сельского хозяйства. – Режим доступа: <https://ssau.ru/pagefiles/final%20002%20web.pdf> – Дата обращения: 20.04.2023.
3. Захарян, Ю. Г. Перспективы использования геоэстатистики для анализа состояния растений по данным дистанционного зондирования Земли / Ю. Г. Захарян, А. А. Комаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – №3. – Т.16. – С. 140–148. doi: 10/21046/2070-7401-2019-16-3-140-148.
4. Thorp, K. A review on remote sensing of weeds in agriculture / K. Thorp, L.F. Tian // Precision Agriculture. 2004. – № 5(5). – P. 477 – 508. doi: 10.1007/s11119-004-5321-1.
5. Das, D. K. Estimation of evapotranspiration and scheduling irrigation using remote sensing techniques / D. K. Das, G. Singh// In: Proc. Summer Inst. On Agricultural Remote Sensing in Monitoring Crop Growth and Productivity. New Delhi: IARI; 1989. p. 113–117.
6. Чашин А. Н., Гилёв В. Ю. Оценка мощности плодородного слоя техногенно-нарушенных почв с применением вегетационного индекса NDVI // Исследования антропогенно-измененных экосистем и урбоэкология. Социально-экологические технологии. – 2020. – № 3. – Т. 10. – С. 290–305.
7. Фомин Д. С., Чашин А. Н. Вегетационный индекс NDVI в оценке зерновых культур опытных полей Пермского НИИСХ // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (72). – С. 39 – 42.
8. Моделирование динамики вегетационного индекса NDVI озимой пшеницы в условиях ЦФО / А. Г. Буховец, Е. А. Семин, Е. И. Костенко и др. // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2 (57). – С. 186 – 199.
9. Связь нормализованного индекса вегетации (NDVI) с урожайностью посевов озимой пшеницы / Ю. П. Федулов, Ю. В. Подушин, А. Н. Мязина и др. // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2015 год. – Краснодар, 2016. – С. 106–107.
10. Осоргин Ю. В. Осоргина О. Н. Изучение взаимосвязей урожайности яровой пшеницы и индекса вегетации NDVI в условиях северного района оренбургской области на основе данных дистанционного зондирования Земли // Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы международной научно-практической конференции. – Кинель, 2018. – С. 122 – 124.
11. Casadesus, J. Conventional digital cameras as a tool for assessing leaf area index and biomass for cereal breeding // J. Casadesus, D. Villegas// Journal of Integrative Plant Biol. – 2013. – Vol. 56 – P. 7 – 14. <https://doi.org/10.1111/jipb.12117>.
12. Casadesús, J. Using vegetation indices derived from conventional digital cameras as selection criteria for wheat breeding in water-limited environments / J. Casadesús, Y. Kaya, J. Bort, M.M. Nacht, J.L. Araus, S. Amor, G. Ferrazzano, F. Maalouf, M. Maccaferri, V. Martos, H. Ouabbou, D. Villegas // Annals of Applied Biology. – 2007. – Vol. 150. – P. 227 – 236. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00116.x>.
13. Kurbanov, R. K. Primenenie vegetatsionnykh indeksov dlya otsenki sostoyaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Application of vegetation indexes to assess the condition of crops] / R. K. Kurbanov, N. I. Zakharova // Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. – 2020. – Vol. 14. – №2. – P. 4 – 11 (In English). doi 10.22314/2073-7599-2020-14-4-4-11.
14. Moran, M. S. Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management / M. S. Moran, Y. Inoue, E. M. Barnes // Remote Sensing of Environment. – 1997. – Vol 16. – P. 319 – 346. [https://doi.org/10.1016/s0034-4257\(97\)00045-x](https://doi.org/10.1016/s0034-4257(97)00045-x).
15. Huete, A. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices / A. Huete, K. Didan, T. Miura, E. P. Rodriguez, X. Gao, L. G. Ferreira // Remote Sensing of Environment. – 2002. – Vol. 83. – P. 195 – 213.
16. Методы высокопроизводительного фенотипирования растений для массовых селекционно-генетических экспериментов / Д. А. Афонников, М. А. Генаев, А. В. Дорошков и др. // Генетика. – 2016. – № 7. – Т. 52. – С. 788 – 803.
17. Применение вегетационных индексов в селекции озимой мягкой пшеницы / Вилунов, С. Д., Зотиков, В. И., Сидоренко и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – 3(43). – С. 73 – 83. doi: 10.24412/2309-348X-2022-3-73-83.
18. Терехин, Э. А. Оценка сезонных значений вегетационного индекса (NDVI) для детектирования и анализа состояния посевов сельскохозяйственных культур // Исследование Земли из космоса. – 2015. – № 1. – С. 23.
19. Сторчак, И. Г. Прогноз урожайности озимой пшеницы с использованием вегетационного индекса NDVI для условий – Ставропольского края: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. – Ставрополь, 2016. – 22 с.
20. Kurbanov, R., Zakharova, N., Sidorenko, V., Vilyunov, S. The Use of Vegetation Indices in Comparison to Traditional Methods for Assessing Overwintering of Grain Crops in the Breeding Process /R. Kurbanov, N. Zakharova, V. Sidorenko, S. Vilyunov// In: Hu, Z., Wang, B., Petoukhov, S., He, M. (eds) Advances in Artificial Systems for Power Engineering II. AIPE 2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 119. Springer, Cham. doi 10.1007/978-3-030-97064-2(6).
21. Дистанционное зондирование Земли. – Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai/activities/799?lang=ru> – Дата обращения: 25.04.2023.
22. de Beurs, K. M. Estimating the effect of gypsy moth defoliation using MODIS / K. M. de Beurs, P. A. Townsend, // Remote sensing of environment – 2008. – Vol.112. – No.10. – P. 3983 – 3990.
23. Jordan, C. F. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor / C. F. Jordan // Ecology. – 1963. – Vol. 50. – P. 663–666.
24. Rouse, J. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS / J. W. Rouse, R. H. Haas, J. A. Schell, D. W. Deering // Third ERTS Symposium, NASA. – 1973. – SP-351. – Vol. 1. – P. 309 – 317.

25. Junges, A. H. Temporal profiles of vegetation indices for characterizing grazing intensity on natural grasslands in Pampa biome / A. H. Junges, C. Bremm, D. C. Fontana, C. O. de Oliveira, L. P. Schapardini, P. C. de Faccio Carvalho // *Sci. Agric.* – 2016. – Vol. 73. – № 4. – P. 332 – 337.
26. Ландшафтная интерпретация различий сезонной динамики вегетационного индекса EVI поверхности пахотных земель Брянской области / Г. В. Лобанов, А. Ю. Чарочкина, М. В. Авраменко и др. // *Вестн. северо-восточного федерального ун-та им. М. К. Амосова. Серия: Науки о Земле.* – 2020. – № 3 (19). – С. 25–35.
27. Fernandes, J. L. Sugarcane yield estimates using time series analysis of spot vegetation images / J. L. Fernandes, J. V. Rocha, R.A.C. Lamparelli // *Scientia Agricola.* – 2011. – № 68. – P. 139 – 146.
28. Jiang, Z. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band / Z. Jiang, A. Huete, K. Didan, T. Miura // *Remote Sensing of Environment.* – 2008. – № 112(10). – P. 3833 – 3845. doi:10.1016/j.rse.2008.06.006.
29. Miura, T. Inter-comparison of aster and modis surface reflectance and vegetation index products for synergistic applications to natural resource monitoring / T. Miura, H. Yoshioka, K. Fujiwara, H. Yamamoto // *Sensors (Basel, Switzerland).* – 8 (4). – P. 2480 – 2499. doi:10.3390/s8042480.
30. Зайтов Ш. Ш. Согласование 2- и 3-канальных вегетационных индексов для растительного покрова на естественных пастбищах // *Экономика и социум.* – 2022. – №3(94)-2. – С. 555–563.
31. Jiang, Zh. 2-band Enhanced Vegetation Index without a blue band and its application to AVHRR data / Zh. Jiang, A. R. Huete, Y. Kim, K. Didan // (Proceedings Volume 6679, Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability. – 2007. – IV. – 667905. <https://doi.org/10.1117/12.734933> Event: Optical Engineering + Applications, 2007, San Diego, California, United States).
32. Huete, A. R. A Soil - Adjusted Vegetation Index (SAVI) / A. R. Huete // *Remote Sensing of Environment.* – 1988. – Vol. 25. – № 3. – P. 295–309.
33. Комаров, А. А., Мунтян, А. Н., Суханов, П. А. Выбор информативных показателей дистанционного зондирования состояния растительного покрова // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета.* – 2018. – №3 (52). – С. 64–70.
34. Комаров А. А., Кирсанов А. Д., Малашин С. Н. Сравнительная характеристика различных вегетационных индексов при оценке состояния растительного покрова кормовых трав // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета.* – 2021. – №2 (63). – С. 18 – 29. doi: 10.24412/2078-1318-2021-2-18-29.
35. Генин В. А., Клебанович Н. В. Моделирование урожайности кукурузы и сои по данным дистанционного зондирования земли // *Вестник БГСХА.* – 2018. – №4. – С. 100–104.
36. Zhang, M. Corn and soybean yield indicators using remotely sensed vegetation index / M. Zhang, M. O'Neill, P. Hendley, D. Drost, S. Ustin // *Proceedings of the 3rd International Conference, Milan, 23–26 June. 1998* – P. 403–415.
37. Yang, C. Mapping Grain Sorghum Yield Variability Using Airborne Digital Videograph / C. Yang, G. L. Anderson // *Precision Agriculture.* – 2000. – Vol. 2. – № 1. – P. 7–23.
38. Fernandez, Y. Maize crop yield estimation with remote sensing and empirical models / Y. Fernandez, J. Soria –Ruiz // *Conference: IGARSS 2017, USA.* – 13 - 17 June. – P. 493–511.
39. Оленин О. А., Зудилин С. Н., Осоргин Ю. В. Цифровой мониторинг показателей агроэкосистем на основе космических и беспилотных технологий // *Пермский аграрный вестник.* – 2019. – №3 (27). – С. 53–61.
40. Генин В. А., Клебанович Н. В. Моделирование урожайности озимой пшеницы по данным дистанционного зондирования земли // *Земледелие и защита растений.* – 2018. – №4 (119). – С. 24–32.
41. Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г., Шестакова Е. О. Связь вегетационного индекса NDVI с содержанием хлорофилла в растениях озимой пшеницы // *Аграрный вестник Урала.* – 2018 – №4(171). – С. 10–16.
42. Сторчак И. Г., Ерошенко Ф. В., Шестакова Е. О. Особенности динамики вегетационного индекса NDVI в различных почвенно-климатических зонах Ставропольского края // *Аграрный вестник Урала.* – 2019. – №9 (188). – С. 12–18.
43. Панеш А. Х., Цалов Г. В. Прогнозирование урожайности озимой пшеницы на основе сервисов геоинформационных систем // *Вестник АГУ.* – 2017. – №4(211). – С. 175–180.
44. Лисенович А. И. Применение дистанционного зондирования и геоинформационных систем при мониторинге динамики проявлений водной эрозии // *Вестник Кызылординского университета имени Коркыт Ата.* – 2022. – № 4(63). – С. 198–205.
45. Yang, G. Unmanned aerial vehicle remote sensing for field-based crop phenotyping: current status and perspectives / G. Yang, J. Liu, C. Zhao, Z. Li, Y. Huang, H. Yu, H. Yang // *Frontiers in plant science.* – 2017. – Vol. 8. – P. 1111.
46. Machwitz, M. Bridging the gap between remote sensing and plant phenotyping – Challenges and opportunities for the next generation of sustainable agriculture / M. Machwitz, R. Pieruschka, K. Berger, M. Schlerf, H. Aasen, S. Fahrner, U. Rascher // *Frontiers in plant science.* – 2021. – P. 2334.
47. Продуктивность сортообразцов яровой пшеницы, отобранных с использованием RGB изображений / А. А. Ыдырыс, А. Т. Сарбаев, М. А. Есимбекова и др. // *Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (междисциплинарный).* – 2022. – №1(112). – С. 153–163.
48. Lammerts van Bueren, E. T., Struik, P. C. Diverse concepts of breeding for nitrogen use efficiency. A review / E. T. Lammerts van Bueren, P. C. Struik // *Agronomy for Sustainable Development.* – 2017. – Vol. 37. – P. 1 – 24.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ ФУНГИЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Н. В. СТЕПАНОВА, С. Р. ЧУЙКО

РУП «Институт льна»,
аг. Устье, Республика Беларусь, 211003, e-mail: Natali1673@mail.ru

(Поступила в редакцию 06.06.2024)

Для снижения зараженности посевного материала большое значение имеет протравливание семян химическими препаратами. В лабораторных и полевых опытах РУП «Институт льна» установлена биологическая и хозяйственная эффективность системных и контактно-системных протравителей семян фунгицидного действия: Витавакс 200 ФФ, ВСК (карбоксин, 170, тирам, 170 г/л) 2,0 л/т; Витарос, ВСК (карбоксин, 198, тирам, 198 г/л) – 1,5–2,0 л/т; Тирана, СК (тирам, 400, дифеноконазол, 30 г/л) – 2,5 л/т; Вершина, КС (тебуконазол, 30, азоксистробин, 22 г/л) – 0,8–1,0 л/т; Ламадор, КС (тебуконазол, 150, пропиконазол, 250 г/л) – 0,15 л/т в технологии возделывания льна-долгунца. Обработка семян изучаемыми протравителями обеспечила снижение крапчатости семян на 76–85 %, антракноза – на 75–100 %, сапрофитной инфекции – на 73–93 %; повышение лабораторной и полевой всхожести семян соответственно на 4–6 и 7–14 %, дополнительный сбор семян – 11–17 %, стланцевой тресты – 4–5 %, трепаного волокна – 5–7 %. В фазе полных всходов льна биологическая эффективность препаратов против крапчатости составила 100 %, против антракноза – 65–71 %; в фазе «елочка» при 5–7 раскрытых парах листьев против антракноза – 45–55 %, против фузариоза – 100 %. Следовательно, протравители семян сдерживают развитие микозов в посевах льна-долгунца до 10–20 см развития растений. При расчете стоимости дополнительной продукции и затрат на её получение условный чистый доход с гектара посева составил 20–28 долл. США.

Ключевые слова: лен-долгунец, протравители семян, зараженность, биологическая эффективность, сохраненная продукция.

To reduce the infestation of seed material, seed treatment with chemicals is of great importance. In laboratory and field experiments at the RUE "Flax Institute", the biological and economic efficiency of systemic and contact-systemic seed treaters with fungicidal action was established: Vitavax 200 FF, water suspension concentrate (carboxin, 170, thiram, 170 g / l) – 2.0 l / t; Vitaros, WSC (carboxin, 198, thiram, 198 g / l) – 1.5-2.0 l / t; Tirada, suspension concentrate (thiram, 400, difenoconazole, 30 g / l) – 2.5 l / t; Vershina, SC (tebuconazole, 30, azoxystrobin, 22 g / l) – 0.8-1.0 l / t; Lamador, SC (tebuconazole, 150, prothioconazole, 250 g/l) – 0.15 l/t in the technology of fiber flax cultivation. Seed treatment with the studied seed treatment agents ensured a decrease in seed mottling by 76–85 %, anthracnose – by 75–100 %, saprophytic infection – by 73–93 %; an increase in laboratory and field seed germination by 4–6 and 7–14 %, respectively, additional seed collection – 11–17 %, espalier fiber – 4–5 %, scutched fiber – 5–7 %. In the phase of full flax emergence, the biological efficiency of the preparations against mottling was 100 %, against anthracnose – 65–71 %; in the "herringbone" phase with 5-7 open pairs of leaves against anthracnose – 45–55 %, against fusarium – 100 %. Therefore, seed treatment agents restrain the development of mycoses in flax crops up to 10-20 cm of plant development. When calculating the cost of additional products and the costs of obtaining them, the conditional net income per hectare of crops amounted to 20–28 US dollars.

Key words: fiber flax, seed treatment agents, infestation, biological efficiency, preserved products.

Введение

Качественные семена обеспечивают получение здоровых всходов с высоким стартовым ритмом ростовых процессов, оптимальную густоту стеблестоя и мономорфный высокопродуктивный ценоз сельскохозяйственных культур. Только при использовании для посева кондиционных семян может быть реализован биологический потенциал сорта, так как семя является носителем биологических и хозяйственных свойств будущего растения.

С семенами передаются около 60 % фитопатогенов грибной и бактериальной природы, создавая критические условия для прорастания семян и развития их всходов [1]. Зараженность семян микроорганизмами является одной из важнейших причин ухудшения их посевных качеств (всхожести, посевной годности, силы роста), нарушения нормального течения биохимических процессов, а также возникновения болезней на вегетирующих растениях.

По результатам мониторинговых обследований патогенный комплекс семян представлен преимущественно микромицетами родов *Ozonium*, *Colletotrichum*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Rhizopus*, а также бактериями родов *Bacillus*, *Erwinia* и др. [2, 3, 4]. А в качестве доминантного патогена семенной инфекции льна-долгунца установлен *Fungus sterilis* (*Ozonium Vinogradovi*), вызывающий крапчатость семян (кровеобразно-крапчатый озониоз). Бактериальная инфекция приводит к снижению всхожести семян и общих посевных качеств. Но бактерицидов для льна на сегодняшний день нет, так как семена невозможно замочить в растворе ввиду их быстрого ослизневания и слипания.

Для снижения зараженности посевного материала большое значение имеет протравливание семян химическими препаратами, или инкрустация защитно-стимулирующими составами, дополнительно

включающими микроэлементы, регуляторы роста, прилипатели [5, 6, 7, 8]. Современные протравители позволяют обеззаразить семена и их проростки от внешней и внутренней инфекции, защитить от поражения возбудителями болезней, находящихся в почве, а также ослабить негативное воздействие травмирования семян благодаря активизации защитных свойств препаратов и предотвращения развития патогенов.

Высокую эффективность по снижению семенной инфекции показывают системные и контактно-системные протравители фунгицидного действия, которые подавляют развитие вегетативных и генеративных органов грибов-возбудителей болезней, находящихся как на поверхности семян, так и внутри них. Благодаря перемещению к точкам роста, препараты защищают всходы и корневую систему растений от поражения почвенными патогенами.

Цель исследований заключалась в установлении биологической эффективности системных и контактно-системных протравителей фунгицидного действия по подавлению микозной семенной инфекции и на начальных этапах онтогенеза льна-долгунца, а также величины сохраненной льнопродукции.

Основная часть

В лабораторных и полевых опытах в 2019–2021 гг. изучалась эффективность системных и контактно-системных протравителей семян фунгицидного действия: Витавакс 200 ФФ, ВСК (карбоксин, 170, тирам, 170 г/л); Витарос, ВСК (карбоксин, 198, тирам, 198 г/л); Тирада, СК (тирам, 400, дифеноконазол, 30 г/л); Вершина, КС (тебуконазол, 30, азоксистробин, 22 г/л); Ламадор, КС (тебуконазол, 150, протиоконазол, 250 г/л).

Погодные условия периода вегетации льна 2019 и 2020 гг. характеризовались как переувлажненные (ГТК – 1,72 и 1,61 соответственно), 2021 г. – засушливые (ГТК – 0,79). Период прорастания семян в годы исследований отмечен как переувлажненный (ГТК мая – 1,67–2,34). Посев льна-долгунца осуществлялся с использованием раннеспелого сорта Грант, РС₁ при норме высева семян 22 млн шт/га.

Для выполнения исследований применялись следующие методы и методики: определение посевных качеств семян – СТБ 1123-98 [9]; зараженности семян болезнями методом влажных камер – ГОСТ 12044-93 [10]; диагностика и степень поражения растений болезнями на начальном этапе онтогенеза – [11, 12, 13]; закладка полевого опыта – [14]; уход за посевами – [15].

Для установления фунгицидной способности протравителей проведен фитосанитарный анализ посевного материала льна-долгунца до и после обработки семян. Зараженность семян находилась в пределах 22 %, в т. ч. антракнозом – до 2 %, крапчатостью – до 11 %, сапрофитной инфекцией – до 3 % (табл. 1). Обработка посевного материала изучаемыми протравителями обеспечила снижение крапчатости семян на 67–85 %, антракноза – на 65–100 %, сапрофитной инфекции – на 60–93 %, что обеспечило повышение лабораторной и полевой всхожести семян, соответственно, на 4–6 и 6–14 % (табл. 2).

Таблица 1. Биологическая эффективность протравителей семян по подавлению микозной семенной инфекции, сорт Грант, РС₁ (среднее, 2019–2021 гг.)

Вариант	Норма расхода, л/г	Зараженность семян, %			Снижение микозной инфекции, %			
		бактериоз	микозы	всего	антракноз	крапчатость	сапрофиты	всего
Контроль	–	6,1	16,3	22,4	–	–	–	–
Витавакс 200 ФФ, ВСК	2,0	4,5	2,6	7,1	90,0	80,5	93,3	68,3
Витарос, ВСК	1,5	5,0	3,6	8,6	85,0	77,9	73,3	61,6
	2,0	4,2	2,3	6,5	85,0	84,9	90,0	71,0
Тирада, СК	2,0	5,0	5,6	10,6	65,0	67,3	60,0	52,7
	2,5	4,2	2,6	6,8	100	80,5	86,7	69,6
Вершина, КС	0,8	4,7	3,9	8,6	75,0	76,1	76,7	61,6
	1,0	4,5	2,4	6,9	85,0	84,1	90,0	69,2
Ламадор, КС	0,15	4,7	3,3	8,0	85,0	76,1	90,0	64,3

Таблица 2. Влияние протравителей семян на сохранение продукции льна-долгунца (среднее, 2019–2021 гг.)

Вариант	Норма расхода, л/г	Всхожесть семян, %		Прибавка урожайности, %		
		лабораторная	полевая	семена	треста	волокно
Контроль	–	92,0	68,4	–	–	–
Витавакс 200 ФФ, ВСК	2,0	97,0	79,3	15,4	4,7	6,5
Витарос, ВСК	1,5	96,3	75,3	13,5	3,7	6,5
	2,0	97,3	82,5	17,3	5,3	5,5
Тирада, СК	2,0	95,7	73,9	5,8	3,1	2,8
	2,5	97,7	81,6	15,4	5,1	7,4
Вершина, КС	0,8	96,3	78,6	11,5	4,1	4,6
	1,0	97,0	81,0	15,4	4,5	5,5
Ламадор, КС	0,15	96,3	79,7	15,4	4,9	5,5

Период защитного действия протравителей установлен в течение всего периода прорастания семян льна-долгунца и в ранние фазы развития растений. Обработанные семена обеспечили дружные, равномерные всходы с незначительным развитием антракноза при его распространенности в фазе полных всходов льна до 4 % (в контроле – 9 %) (табл. 3). В фазе полных всходов льна (ВВСН 10 по шкале К. Хеллера) биологическая эффективность препаратов против крапчатости составила 100 %, против антракноза – 59–71 %; в фазе «елочка» при 5–7 раскрытых пар листьев (ВВСН 15-17) против антракноза – 35–55 %, против фузариоза – 100 %. Следовательно, протравители семян сдерживают развитие микозов в посевах льна-долгунца до 10–20 см развития растений в зависимости от погодных условий, а дальнейшее затухание их защитного действия восполняется применением фунгицидов.

Таблица 3. Биологическая эффективность протравителей семян на начальных этапах онтогенеза льна-долгунца

Вариант	Учет в фазе полных всходов, ВВСН 10				Учет в фазе «елочка», ВВСН 15-17			
	распространенность болезней, %		биологическая эффективность протравителей, %		распространенность болезней, %		биологическая эффективность протравителей, %	
	крапчатость	антракноз	крапчатость	антракноз	антракноз	фузариоз	антракноз	фузариоз
Контроль	3,5	8,5	–	–	10,0	1,3	–	–
Витавакс 200ФФ, 2,0 л/т	0	3,0	100	64,7	4,5	0	55,0	100
Витарос, ВСК, 1,5 л/т	0	3,0	100	64,7	5,0	0	50,0	100
Витарос, ВСК, 2,0 л/т	0	2,5	100	70,6	4,5	0	55,0	100
Тирада, СК, 2,0 л/т	0,5	3,5	85,7	58,8	6,5	0	35,0	100
Тирада, СК, 2,5 л/т	0	3,0	100	64,7	5,0	0	50,0	100
Вершина, КС, 0,8 л/т	0	3,0	100	64,7	5,5	0	45,0	100
Вершина, КС, 1,0 л/т	0	2,5	100	70,6	5,0	0	50,0	100
Ламадор, КС, 0,15 л/т	0	2,7	100	68,2	5,5	0	45,0	100

В среднем за 2019–2021 гг. исследований предпосевная обработка семян изучаемыми протравителями фунгицидного действия обеспечила дополнительный сбор семян 6–17 %, тресты – 3–5 %, волокна – 3–7 %. Эффективность препаратов находилась практически на одном уровне, кроме Тирады, СК с нормой расхода 2,0 л/т, обеспечившей снижение общей зараженности семян льна микозами на 53 % и дополнительный сбор семян на уровне 6 %, тресты и волокна – 3 %.

Расчет экономической эффективности применения протравителей, выполненный на среднюю прибавку урожая семян и тресты в ценах 2021 г. в долларовом эквиваленте, доказывает целесообразность включения данного приема предпосевной обработки семян в технологический процесс возделывания льна-долгунца. При расчете стоимости дополнительной продукции и затрат на её получение условный чистый доход с гектара посева составил 20–27 долл. США (табл. 4).

Таблица 4. Экономическая эффективность применения протравителей семян фунгицидного действия в технологии возделывания льна-долгунца, в ценах 2021 г.

Вариант	Норма расхода, л/т	Стоимость препарата, долл. США/л	Сохраненная урожайность, ц/га		Стоимость сохраненной урожайности, долл. США/га	Затраты на прибавку, долл. США/га	Условный чистый доход, долл. США/га
			семена	треста			
Витавакс 200 ФФ, ВСК	2,0	12,60	0,8	2,3	77,19	51,48	25,71
Витарос, ВСК	1,5	16,80	0,7	1,8	63,44	43,26	20,19
	2,0		0,9	2,6	87,08	58,67	28,40
Тирада, СК	2,0	16,00	0,3	1,5	41,24	28,52	12,72
	2,5		0,8	2,5	81,04	55,30	25,75
Вершина, КС	0,8	19,20	0,6	2,0	63,19	41,07	22,14
	1,0		0,8	2,2	75,26	49,74	25,52
Ламадор, КС	0,15	115,00	0,8	2,4	79,12	51,77	27,34
НСР ₀₅			0,37-0,48	1,5–1,8			

Заключение

Для обработки семян льна-долгунца целесообразно применение системных и контактно-системных протравителей фунгицидного действия Витавакс 200 ФФ, 2,0, Витарос, 1,5–2,0, Тирада, 2,5, Вершина, 0,8–1,0, Ламадор, 0,15 л/т, обеспечивающих снижение общей зараженности посевного материала на 62–71 %, в т. ч. антракнозом – на 75–90 %, крапчатостью – на 76–85 %, сапрофитной инфекцией – на 73–93 %, повышение лабораторной и полевой всхожести семян, соответственно, на 4–6 и 7–14 %, дополнительный сбор семян – 11–17 %, тресты – 4–5 %, волокна – 5–7 %, условный чистый доход с гектара посева 20–28 долл. США.

Период защитного действия протравителей семян включает весь период прорастания семян и начало фазы «елочка» растений. Они сдерживают развитие микозов в посевах льна-долгунца до 10–20 см развития льна-долгунца в зависимости от погодных условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Факторы, определяющие качество семян льна в Курганской области / Е. Ю. Торопова и др. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 12 (122). – 2014. – С. 15–19.
2. Получение посевного материала льна-долгунца с минимальной инфицированностью в зависимости от свойств почв и зоны возделывания (рекомендации) / В. А. Прудников и др. – Устье: РУП «Институт льна», 2021. – 34 с.
3. Степанова Н. В., Чуйко С. Р. Определение вредной биоты семян льна-долгунца, полученных в основных зонах льносеяния Беларуси // Сб. науч. тр. / РУП «Институт защиты растений». – Минск, 2023. – Вып. 47: Защита растений. – С. 143–150.
4. Степанова Н. В., Чуйко С. Р. Патогенный комплекс и снижение зараженности семян льна-долгунца // Наше сельское хозяйство. Агрономия. – 2024. – № 5. – С. 74–94
5. Роль композиционных составов в защите посевов льна-долгунца от грибной инфекции / В. П. Шуканов и др. // Материалы конференции: Регуляция роста, развития и продуктивности растений: Межд. науч. конф., Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск, 26–28 окт. 2011. – С. 230.
6. Бачило Н. Г., Степанова Н. В. Выявление эффективных защитно-стимулирующих смесей для инкрустирования семян льна // Сб. науч. тр. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2008. – Вып. 44: Земледелие и селекция в Беларуси. – С. 83–92.
7. Влияние защитно-стимулирующих составов на анатомическое строение стебля льна-долгунца / Н. В. Полякова и др. // Материалы конференции: Регуляция роста, развития и продуктивности растений: Межд. науч. конф., Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск, 26–28 окт. 2011. – С. 167.
8. Технология и организация производства высококачественной продукции льна-долгунца / В. П. Понажев и др.; под общ. ред. А. А. Нетесова. – М: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 148 с.
9. Семена зернобобовых, масличных и технических культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия. СТБ 1123-98. – Введ. 30.10.1998. – Минск: Госстандарт РБ, 1998. – 11 с.
10. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. ГОСТ 12044-93. – Введ. 21.10.1993. – Минск: Международный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1993. – 55 с.
11. Фитосанитарный контроль при возделывании льна-долгунца. Практическое руководство / П. А. Саскевич и др. – Горки, 2006. – 112 с.
12. Сельскохозяйственная фитопатология: учебное пособие / Г. А. Зезюлина и др. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 584 с.
13. Практикум по сельскохозяйственной фитопатологии / В. А. Шкаликов и др.; под ред. В. А. Шкаликова. – М.: КолосС, 2004. – 208 с.
14. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований). – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
15. Отраслевой регламент. Возделывание и уборка льна-долгунца. Типовые технологические процессы / В. Г. Гусаков и др. – Минск: РУП «Институт льна», 2019. – 15 с.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНОГЕНЕЗА ГЕНЕРАТИВНЫХ ПОЧЕК ПЕРСИКА И ОТБОР АДАПТИВНЫХ СОРТОВ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ПЛОДОВОДСТВА БЕЛАРУСИ

В. В. ВАСЕХА

РУП «Институт плодоводства»,
аг. Самохваловичи, Республика Беларусь, 223013, e-mail: witalmin@gmail.com

(Поступила в редакцию 01.07.2024)

Исследования проведены в РУП «Институт плодоводства» в 2021–2023 гг. Объектами наблюдений являлись 11 сортов персика различного эколого-географического происхождения: Донецкий белый, Мелитопольский ясный, Сеянец Старка (украинской селекции); Congres, Filip, Alex (румынской селекции); Fantasia, Harko, Allstar (американской селекции); Iskra (польской селекции); Лойко (белорусской селекции). В результате критического снижения температуры в I–II декадах февраля 2021 г. до уровня -25,2...-28,1 °С отмечена гибель деревьев у сортов Мелитопольский ясный, Congres, Filip, Fantasia, Harko. На основании проведенных исследований установлены сроки наступления основных фенологических фаз персика и необходимая сумма эффективных температур выше +5 °С для их прохождения, определена продолжительность вегетационного периода изучаемых сортов. Зафиксированы особенности прохождения этапов дифференциации генеративных почек в период вегетации. Определены различия между группами сортов в степени развития зачатков цветков в фенологические фазы – созревание плодов и листопад. Выявлены 2 зависимости: положительная корреляционная связь между сроками начала органогенеза генеративных почек персика и климатическими факторами: $\Sigma t_{\text{эф.} \geq +5 \text{ °С}}$ от фазы 10 BBCH до начала дифференциации генеративных почек ($r = 0,99$) и гидротермическим коэффициентом за 30 дней до начала дифференциации генеративных почек ($r = -0,97$); в качестве наиболее точно описывающей модели связи между данными параметрами предложена степенная модель. Зависимости могут использоваться для прогнозирования сроков начала морфогенеза цветков персика и планирования агротехнических мероприятий, направленных на нормирование продуктивности деревьев. Выделены 2 адаптивных в центральной зоне плодоводства Беларуси исходных формы персика – сорта Лойко и Alex.

Ключевые слова: персик, сорт, зимостойкость, фенология, органогенез, Беларусь.

The studies were conducted at the Republican Unitary Enterprise "Institute of Fruit Growing" in 2021–2023. The objects of observation were 11 peach varieties of various ecological and geographical origin: Donetsk Bely, Melitopolsky Yasny, Starka Seedling (Ukrainian selection); Congres, Filip, Alex (Romanian selection); Fantasia, Harko, Allstar (American selection); Iskra (Polish selection); Loyko (Belarusian selection). As a result of a critical drop in temperature in the first and second 10-day periods of February 2021 to the level of -25.2 ... -28.1 °C, the death of trees was noted in the Melitopolsky Yasny, Congres, Filip, Fantasia, Harko varieties. Based on the studies, the timing of the onset of the main peach phenological phases and the required sum of effective temperatures above + 5 °C for their passage were established, the duration of the growing season of the studied varieties was determined. The peculiarities of the stages of differentiation of generative buds during the growing season are recorded. The differences between the groups of varieties in the degree of development of flower primordia in the phenological phases – fruit ripening and leaf fall – are determined. Two dependencies are revealed: a positive correlation between the timing of the onset of organogenesis of peach generative buds and climatic factors: $\Sigma t_{\text{ef.} \geq +5 \text{ °C}}$ from phase 10 BBCH to the onset of differentiation of generative buds ($r = 0.99$) and the hydrothermal coefficient 30 days before the onset of differentiation of generative buds ($r = -0.97$); a power model is proposed as the most accurately describing the relationship between these parameters. The dependencies can be used to predict the timing of the onset of peach flower morphogenesis and to plan agrotechnical measures aimed at standardizing tree productivity. Two adaptive initial forms of peach have been identified in the central fruit growing zone of Belarus – the Loiko and Alex varieties.

Key words: peach, variety, winter hardiness, phenology, organogenesis, Belarus.

Введение

Персик – одна из самых ценных плодовых культур. Благодаря своей скороплодности, высокой урожайности и десертным качествам плодов уже к концу XX века он стал самой распространённой косточковой культурой в мире [1]. Важными для распространения данной культуры особенностями являются: самый продолжительный период поступления плодов (до 3,5 месяцев) среди косточковых; совместимость со многими подвоями различного генетического происхождения; быстрое восстановление однолетней и многолетней древесины при повреждении морозами [2].

Анализ современного опыта создания коллекций *in situ* позволяет утверждать, что ареал распространения персика в условиях умеренного климата только за последние 15–20 лет значительно продвинулся севернее 50 °С. ш. Так, по данным Е. Kaufmane и G. Lacis в условиях Латвии возможен отбор генотипов персика и абрикоса, адаптивных к условиям с границей изотермы минимумов -23...-26 °С [3]. По результатам анализа агроклиматических показателей Минского района за 1989–2018 гг. отмечено достоверное повышение среднегодовой температуры воздуха на 1,5 °С, и, как следствие, увеличение суммы активных температур и продолжительности периодов с пороговыми значениями температур (0 °С, +5 °С, +10 °С) на 12–28 дней [4].

Изменения климата открывают новые возможности по возделыванию теплолюбивых культур в Беларуси. Расширения сортимента любой культуры невозможно без всестороннего изучения особен-

ностей биологии сортов, их реакции на изменение условий среды. Для получения объективной картины нельзя ограничиться лишь общей оценкой состояния растений. Необходимо исследовать и внутренние процессы, в частности, связанные с онтогенезом генеративной сферы, так как в конечном итоге с особенностями его прохождения тесно связана урожайность. В связи с чем целью данного исследования являлась выявление биологических особенностей онтогенеза генеративной сферы персика и выделение адаптивных генотипов.

Основная часть

Учёты и наблюдения проводились в коллекционном саду РУП «Институт плодородства» (аг. Самохваловичи, Минский район). Объектами исследований являлись 11 сортов персика различного эколого-географического происхождения: Донецкий белый, Мелитопольский ясный, Сеянец Старка (украинской селекции); Congres, Filip, Alex (румынской селекции); Fantasia, Harko, Allstar (американской селекции); Iskra (польской селекции); Лойко (белорусской селекции). Сад 2018 г. посадки, схема размещения деревьев – 4 × 3 м, подвой – алыча. Содержание междурядий – естественное залужение, в рядах – гербицидный пар.

Исследования проводили согласно «Генетическим основам и методике селекции плодовых культур и винограда» (Минск, 2019) с учётом методических подходов, изложенных в книге «Морфогенез плодовых растений» (Ленинград, 1984) [5, 6]. Фенологические стадии растений определяли в соответствии с расширенной шкалой ВВСН (Кведлинбург, 2018) [7].

Исследования проведены в РУП «Институт плодородства» в 2021–2023 гг. В результате трехлетних наблюдений установлено, что зиму 2020–2021 гг. можно отнести к критическим с февральским снижением температуры в I–II декадах до -25,2...-28,1 °С в период вынужденного покоя деревьев персика, что обусловило значительные подмерзания у изучаемых сортов. У румынского сорта Filip отмечено полное вымерзание дерева, в связи с чем, данный генотип был исключён из объектов исследования для дальнейшего изучения. Наиболее сильные повреждения в 7–8 баллов были выявлены у сортов Iskra, Fantasia, Harko, Congres. Для данной группы сортов подмерзание деревьев отражалось в повреждении коры с её омертвением на больших участках, зафиксирована полная гибель до 50 % скелетных и полускелетных ветвей кроны.

Проведённая оценка общего состояния изучаемых генотипов в конце вегетационного периода 2021 г. показала, что сорта Мелитопольский ясный, Congres, Fantasia, Harko с общей степенью подмерзания в 6–8 баллов в течение вегетационного сезона не восстановились и погибли. Общее состояние сорта Донецкий белый оценивалось в 6 баллов. Высокий уровень регенерационной способности продемонстрировали Alex, Сеянец Старка и Iskra, которые к середине октября характеризовались наличием хороших приростов и общим состоянием в 8 баллов. Общее состояние деревьев у сортов Лойко и Allstar также оценивалось в 8 баллов. В дальнейшем было продолжено изучение 6 сортов персика различного эколого-географического происхождения: Донецкий белый, Сеянец Старка, Alex, Allstar, Iskra, Лойко. Несмотря на частые оттепели в зимние периоды 2021–2022 гг. и 2022–2023 гг., выход растений из состояния вынужденного покоя отмечен не был, что обусловило отсутствие подмерзаний или побурений зачатков цветков в течение двух лет наблюдений.

Проведённые фенологические наблюдения за 2021–2023 гг. позволили установить, что необходимая сумма эффективных температур выше +5 °С для начала вегетации в зависимости от сорта варьирует в пределах 26–52 °С. Наиболее раннее цветение за период наблюдений было отмечено у персика 24 апреля при достижении $\Sigma_{t_{ф. \geq +5}}^{\circ C}$ значения 100,4 °С продолжительностью от 8 до 12 дней (таб. 1).

Таблица 1. Сроки прохождения основных фенологических фаз персика, 2021–2023 г.

Сорт	Начало распускания листьев (10 ВВСН)	Цветение (65 ВВСН)	Созревание плодов (88 ВВСН)	Конец роста побегов (91 ВВСН)	Листопад		Продолжительность вегетационного периода, дни
					начало (93 ВВСН)	конец (97 ВВСН)	
Донецкий белый	17.04-26.04	26.04-10.05	10.08-17.08	02.08-16.08	05.10-15.10	23.10-28.10	175-190
Сеянец Старка	12.04-23.04	24.04-14.05	16.08-23.08	02.08-16.08	12.10-14.10	20.10-25.10	185-187
Alex	19.04-26.04	27.04-18.05	29.08-15.09	02.08-16.08	17.10-23.10	25.10-04.11	192-196
Allstar	19.04-25.04	27.04-18.05	15.09-21.09	02.08-16.08	01.10-08.10	15.10-23.10	171-184
Iskra	12.04-23.04	27.04-15.05	11.08-18.08	02.08-16.08	23.10-30.10	25.10-01.11	192-194
Лойко	18.04-25.04	26.04-15.05	20.07-05.08	02.08-16.08	23.09-08.10	07.10-13.10	161-174

Установлена возможность получения зрелых плодов персика в условиях центральной Беларуси в период с последней декады июля по середину сентября. Выявлены существенные отличия между сортами в сроках созревания плодов: к наиболее ранним отнесен сорт Лойко, к наиболее поздним – сорта Alex и Allstar. В зависимости от установившегося температурного режима в осеннее время про-

должительность вегетационного периода у изучаемых сортов персика за годы наблюдений варьировала от 161 (Лойко) до 196 дней (Alex). Наиболее ранние сроки начала листопада отмечены у сортов Лойко, Allstar и Донецкий белый – 23.09–05.10. Позже всего окончание данной фенологической фазы зафиксировано у сортов Iskra и Alex – 01–04.11.

Согласно данным И. С. Исаевой (1974), на сроки начала дифференциации генеративных почек существенно влияет целый ряд климатических факторов – прежде всего температура и осадки, и, как правило, данный процесс сопряжен не только с наступлением фазы окончания роста побегов, но и установлением среднесуточной температуры воздуха на уровне +18...20 °С [8].

Так, в 2021 г. с начала июня установилась жаркая погода со среднесуточной температурой воздуха выше среднегодовалого значения. Устойчивый переход через +20 °С отмечен уже 18 июня, а концу месяца $\Sigma t_{эф. \geq +5 \text{ } ^\circ\text{C}}$ достигла уже значения 739 °С, что составляет 110 % от климатической нормы. Однако в первые две декады месяца из-за редкого выпадения осадков сложился дефицит влаги, что обусловило образование в генеративных почках конуса нарастания в виде полусферических бугорков (этап I) раньше, чем наступление окончания роста однолетних побегов и закладки верхушечной почки. В 2022 г. жаркая погода во второй половине лета на фоне редкого выпадения дождей также оказала сдерживающий эффект на морфогенез генеративных почек изучаемых сортов персика. Начальный этап дифференциации генеративной почки в нижней части побега зафиксирован уже после фенологической фазы 91 ВВСН. В то же время в 2023 г. со второй декады апреля до конца второй декады июня установился период без выпадения существенных осадков продолжительностью в 63 дня. Однако в дальнейшем нормализация гидротермического режима спровоцировала как более ранние сроки созревания персика, так и начало прохождения начальных этапов дифференциации цветков.

Как показывают наши наблюдения, календарные сроки начала органогенеза цветка у сортов персика в условиях Беларуси довольно широко варьируют по годам – от 12–14 июля до 15–16 августа. Фенологическую фазу «окончание роста однолетних побегов» можно принимать как условный ориентир, однако необходимо учитывать погодные условия летнего периода и, прежде всего, наличие периодов с затяжными засухами или среднесуточными температурами, превышающими среднегодовые значения. Сумма эффективных температур выше +5 °С к моменту начала морфогенеза генеративных почек достигает значения 948–1 343 °С. Ежегодно в процессе исследований было отмечено, что установившаяся жаркая погода в августе всегда оказывала сдерживающий характер нахождение процесса дифференциации –разница между I и III этапами органогенеза может достигать 30–40 дней, что особенно было хорошо заметно в условиях 2022 г.

Важно отметить, что существенное влияние на сроки прохождения отдельных этапов морфогенеза зачатков цветка оказывали и особенности фенологии сорта и, прежде всего, сроки прохождения фазы 88 ВВСН. У генотипов с периодом массового созревания плодов в сентябре начало роста будущего пестика на дне чашечки и закладка тычинок приходится на более поздние сроки, чем у сортов с августовским периодом созревания плодов (рис. 1).

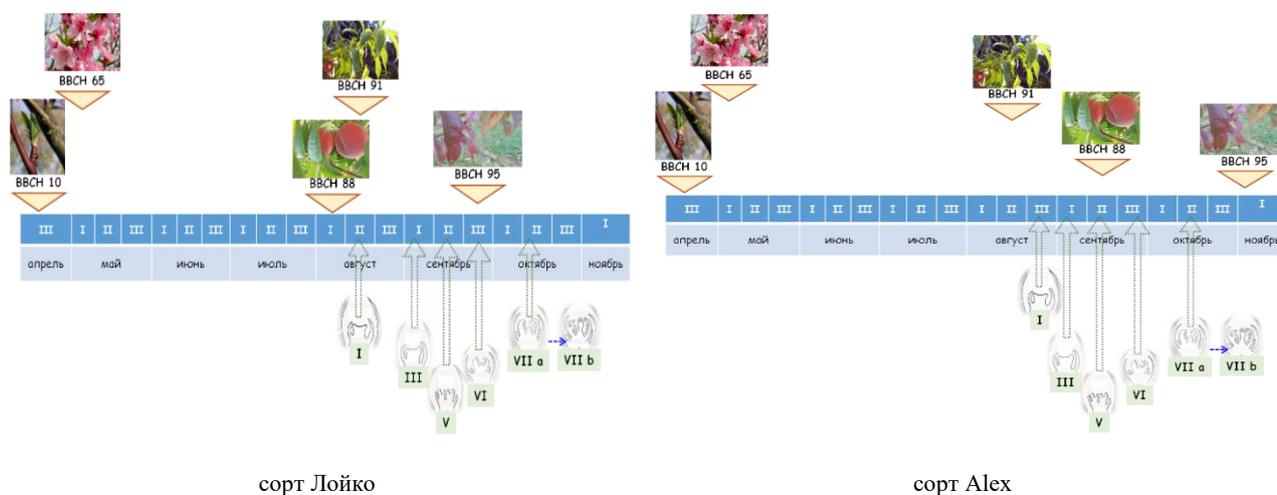


Рис. 1. Фенология и ход дифференциации зачатков цветка на примере двух сортов персика

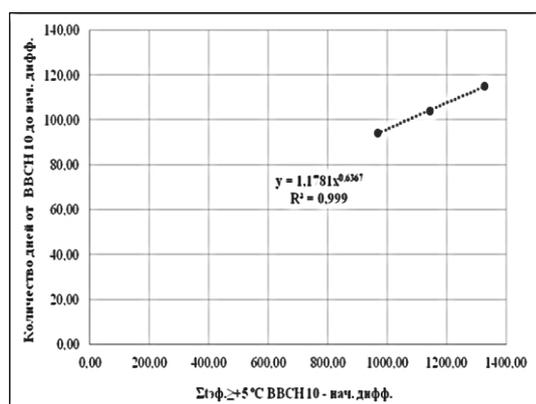
По нашим наблюдениям на протяжении 2021–2023 гг. у сортов Alex и Allstar наступление VI этапа происходит на 7–10 дней позже, чем на сортах Лойко, Сеянец Старка, Донецкий белый и Iskra. Также довольно значительно отличались стадии дифференциации генеративных почек изучаемых сортов ко времени наступления листопада. Лабораторные исследования показали, что у сортов с ежегодно более ранними сроками наступления листопада (Лойко, Allstar и Донецкий белый) – не позднее середины октября, на базальных почках прироста текущего года была характерна VI стадия органогенеза цветка, а в верхней части прироста в данный период развитие зачатков цветка соответствовало V этапу. Однако благоприятные погодные условия способствовали дальнейшему процессу органогенеза цветков. Так, по состоянию на III декаду октября отмечено формирование столбика пестика и удлиненной полости будущей семяпочки (VIIa) и на почках верхней части прироста на всех сортах. После завершения фенологической фазы листопада у всех сортов процесс развития зачатков цветка продолжился – в I декаде ноября на базальных почках уже был отмечен этап VIIb. Процесс дифференциации генеративных почек у всех изучаемых сортов останавливался только после устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С в сторону понижения. Этот факт обусловил отсутствие различий в продвинутом органогенезе цветка между изучаемыми сортами персика к моменту наступления климатической зимы.

Как мы установили ранее, для начала дифференциации генеративных почек персика необходимым условием было сочетание достаточного уровня влажности с температурным режимом близким к климатической норме. На основании трехлетних данных была изучена взаимосвязь климатических факторов периода вегетации и сроков начала органогенеза цветка персика, который не всегда был взаимосвязан с наступлением фенологической фазы 91 ВВСН (таб. 2).

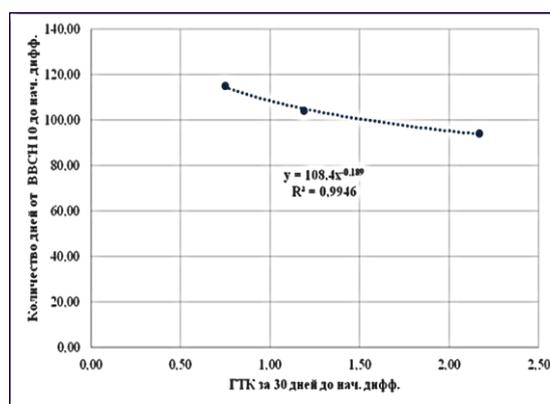
Таблица 2. Коэффициенты парной корреляции (r) между сроками начала дифференциации генеративных почек персика и климатическими факторами

Фактор	$\Sigma t_{\text{эф.} \geq +5 \text{ } ^\circ\text{C}}$ от фазы 10 ВВСН до начала дифференциации генеративных почек (F ₁)	ГТК от фазы 10 ВВСН до начала дифференциации генеративных почек (F ₂)	$\Sigma t_{\text{эф.} \geq +5 \text{ } ^\circ\text{C}}$ за 30 дней до начала дифференциации генеративных почек (F ₃)	ГТК за 30 дней до начала дифференциации генеративных почек (F ₄)
Количество дней от фазы 10 ВВСН до начала дифференциации генеративных почек (T _{диф})	0,99	-0,41	-0,68	-0,97

Данные корреляционного анализа показали, что наиболее значимое влияние на данный процесс оказывали $\Sigma t_{\text{эф.} \geq +5 \text{ } ^\circ\text{C}}$ от фазы 10 ВВСН до начала дифференциации генеративных почек и ГТК за 30 дней до начала дифференциации генеративных почек. В течение периода изучения было отмечено, что в год с самой жаркой погодой весной и летом начало органогенеза цветка наступало в более поздние сроки. С результатами полевых наблюдений согласуется и отрицательная связь между гидротермическим коэффициентом в последний месяц перед дифференциацией зачатков цветка и сроками начала органогенеза, так как для прохождения данного процесса нужен и достаточный уровень влагообеспеченности. Далее на основании регрессионного анализа была предложена модель, описывающая связь между этими величинами (рис. 2).



А



В

Рис. 2. Степенная модель взаимосвязи между факторами: А – T_{диф} и F₁; В – T_{диф} и F₄

Исходя из максимального значения коэффициента детерминации (R²), в качестве наиболее точной модели связи между факторами была определена степенная модель с величиной достоверности аппроксимации 0,99. Выявленные зависимости могут использоваться для прогнозирования сроков

начала морфогенеза цветков персика и планирования агротехнических мероприятий, направленных на нормирование продуктивности деревьев.

Результаты изучения дифференциации цветковых почек персика показали, что все сорта уходят в зиму с близкими этапами развития зачатков цветка VIIa–VIIb. Процесс органогенеза зачатков цветков персика к началу вегетации находится на завершающем этапе, как и у других косточковых культур рода *Prunus* L. Важнейшим фактором являлась генетически детерминированная устойчивость сорта персика к повреждающим факторам зимы – прежде всего к февральским перепадам температур и критическим морозам в условиях суровой зимы.

По результатам наблюдений были установлены сроки прохождения основных фенологических фаз изучаемых сортов, что позволяет сделать вывод о возможности получения зрелых плодов персика в условиях центральной Беларуси в период с последней декады июля по середину сентября. Большинство генотипов характеризуются массой плода более 100 г.

Выделение адаптивных в климатических условиях региона генотипов персика в качестве исходных форм для селекции требует комплексного подхода. Достаточным уровнем устойчивости к стресс-факторам холодного времени года характеризовался сорт Allstar. Однако, данный образец неспособен к реализации потенциала качества плодов – персики не набирают массу даже при длине периода вегетации более 190 дней и остаются с посредственным вкусом и при опадении с деревьев. Сорт Iskra на протяжении периода наблюдений характеризовался как самый крупноплодный из изучаемых и продемонстрировал высокий уровень регенерационной способности после суровой зимы. Однако на фоне проведения одинаковых мероприятий по защите от болезней этот сорт оказался самым восприимчивым к возбудителю курчавости листьев (*Taphrina deformans* (Berk.) Tul.), что отрицательно сказывается на внешнем виде и качестве плодов. Лимитирующим фактором для украинских сортов Донецкий белый и Сеянец Старка оказалась зимостойкость и неспособность к быстрому восстановлению деревьев после зимы. Сорт Сеянец Старка на протяжении периода наблюдений продемонстрировал невысокую продуктивность по сравнению с другими изучаемыми сортами.

Для дальнейшей селекционной работы было выделено 2 адаптивных исходных формы персика: сорта Лойко и Alex, характеризующиеся полным прохождением онтогенеза и хорошим общим состоянием деревьев после неблагоприятных зим, что обеспечивает реализацию потенциала продуктивности в условиях центральной Беларуси. Данные сорта обладают комплексом хозяйственно ценных признаков: ранний срок созревания, короткий межфазный период «цветение – созревание» (менее 100 дней) – сорт Лойко; поздний срок созревания, высокое качество мякоти, способность к хранению, плоская форма плода – сорт Alex. Впервые проведенный в Беларуси отбор по признаку «форма плода» позволит начать работу по созданию отечественных сортов персика с плоской формой, являющейся более привлекательной для покупателей и обеспечивающей высокую рентабельность продаж.

Заключение

Установлены особенности прохождения этапов дифференциации генеративных почек у персика в период вегетации и влияние климатических факторов на сроки начала органогенеза цветка. Определены различия между группами сортов в степени развития зачатков цветков в фенологические фазы – созревание плодов и листопад. Выделены 2 адаптивных в центральной зоне плодоводства Беларуси исходных формы персика – сорта Лойко и Alex.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубкова И. Н. Виды рода *Persica* Mill. в Украине их систематика и характеристика // Sci. J. «Science Rise». – 2014. – №2 (2) – С. 15–19.
2. Заяць В. А. Біологічні і господарські властивості та перспективи вирощування персика в зоні Українських Карпат: автореф. дис. ... д-ра с-х. наук: 06.01.07; Нац. аграр. ун-т. – Київ, 2001. – 40 с.
3. Kaufmane, E. Winter hardy apricots and peaches with good fruit quality in Latvia / E. Kaufmane, G. Lacis // J. Fruit and Ornamental Plant Research Spec. ed. – 2004. – Vol. 12. – P. 321–329.
4. Изменение климатических условий и феноритмики ягодных культур в Беларуси / Т. М. Андрушкевич [и др.] // Плодоводство: сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства»; редкол.: А.А. Таранов (гл. ред.) и др. – Минск, 2019. – Т. 31. – С. 100–112.
5. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская и др.; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск: Беларус. навука, 2019. – 249 с.
6. Витковский В. Л. Морфогенез плодовых растений. – Л.: Колос, 1984. – 207 с.
7. Meier, U. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants: BVCH Monograph / U. Meier. – Julius Kühn-Institut (JKI), Quedlinburg, 2018. – 204 p.
8. Исаева И. С. Морфофизиология плодовых растений: цикл лекций. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974. – 135 с.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ПРОТЕИНОВАЯ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ СВЕЖЕСКОШЕННОЙ И ПРОВЯЛЕННОЙ МАССЫ 1-ГО УКОСА МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ

М. О. МОИСЕЕВА, Н. Н. ЗЕНЬКОВА, Т. М. ШЛОМА, И. В. КОВАЛЁВА,
А. М. СИНЦЕРОВА, И. И. ШИМКО

УО «Витебская государственная ордена «Знак Почета»
академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь, 210009, e-mail: kortoproiz@vsavm.by

(Поступила в редакцию 01.07.2024)

Сроки уборки многолетних бобовых трав распространяются от фазы стеблевания до фазы бутонизации. В этот период травостой бобовых накапливает максимальное количество энергии и протеина в расчете на 1 га при приемлемой концентрации обменной энергии (ОЭ) и сырого протеина (СП) в 1 кг сухого вещества сырья. Обязательным приемом подготовки многолетних трав к силосованию является снижение влажности до оптимальных пределов благодаря провяливаю.

Изученные нами многолетние бобовые травы первого укоса имели высокую энергетическую и протеиновую питательную ценность СВ свежескошенной и провяленной зеленой массы. Уровень обменной энергии в зависимости от степени провяливания, вида и фазы уборки растений составил 11,78–9,68 МДж. Ранняя фаза развития растения (стеблевание) характеризовалась более высоким содержанием обменной энергии относительно фазы бутонизации. У люцерны посевной потери обменной энергии у свежескошенной массы больше зависели от фазы развития, чем у других культур (8,9 %), однако степень проваливания меньше сказывалась на этом показателе (при максимальном провяливании составили 9,5 %). Более высокую концентрацию переваримого протеина в 1 кг СВ зеленой массы, имела люцерна посевная (168–198 г в фазу стеблевания и 137–161 г в фазу бутонизации). По отношению к галеге восточной и клеверу луговому ее показатели в зависимости от фазы вегетации и содержания сухого вещества превышали данную величину на 1–19 г и 8–33 г соответственно.

Ключевые слова: многолетние бобовые травы, бутонизация, стеблевание, провяливание, обменная энергия, протеин.

The harvesting period for perennial legumes extends from the stem formation phase to the budding phase. During this period, the legume herbage accumulates the maximum amount of energy and protein per 1 ha with an acceptable concentration of exchangeable energy (EE) and crude protein (CP) in 1 kg of dry matter of the raw material. A mandatory method of preparing perennial grasses for silage is to reduce the moisture content to optimal limits due to wilting. The perennial legumes of the first cut that we studied had a high energy and protein nutritional value of DM of freshly mown and wilted green mass. The level of exchangeable energy, depending on the degree of wilting, type and phase of harvesting of plants, was 11.78–9.68 MJ. The early phase of plant development (stem formation) was characterized by a higher content of exchangeable energy relative to the budding phase. In alfalfa, the exchange energy losses in freshly mown mass depended more on the development phase than in other crops (8.9%), but the degree of wilting had a lesser effect on this indicator (at maximum wilting, it amounted to 9.5 %). A higher concentration of digestible protein in 1 kg of dry matter of green mass was found in alfalfa (168–198 g in the stem formation phase and 137–161 g in the budding phase). In relation to *Galega orientalis* and meadow clover, its indicators, depending on the vegetation phase and dry matter content, exceeded this value by 1–19 g and 8–33 g, respectively.

Key words: perennial legumes, budding, stem formation, wilting, exchange energy, protein.

Введение

Увеличение производства животноводческой продукции требует создания соответствующих запасов кормов. Это может быть достигнуто на основе высокой интенсивности кормопроизводства. В процессе совершенствования кормовой базы важно сделать правильный выбор в пользу тех или иных кормовых культур с учетом оптимальной фазы вегетации, обеспечивающей максимальный выход наиболее ценных питательных веществ [1–3].

При этом важно оценить их кормовые достоинства для использования как в натуральном виде, так и для приготовления высококачественных консервированных травяных кормов [4].

Сроки уборки многолетних бобовых трав распространяются от фазы стеблевания до фазы бутонизации. В этот период травостой бобовых накапливает максимальное количество энергии и протеина в расчете на 1 га при приемлемой концентрации обменной энергии (ОЭ) и сырого протеина (СП) в 1 кг сухого вещества сырья [5, 6, 7, 8]. Обязательным приемом подготовки многолетних трав к силосованию является снижение влажности до оптимальных пределов благодаря провяливаю [9].

Обобщением результатов исследований является определение энергетической и протеиновой питательности исходного сырья. Для высокопродуктивных животных нужны качественные корма, которые отличаются высокой концентрацией обменной энергии и протеина.

Цель исследований – установить влияние фазы вегетации растений на энергетическую и протеиновую питательность исходного сырья бобовых трав.

Основная часть

Исследования проводили на многолетних бобовых травах в фазу стеблевания и бутонизации: галега восточная, люцерна посевная, клевер луговой.

Энергетическую и протеиновую питательную ценность многолетних бобовых определяли по результатам химического анализа в научно-исследовательском институте (НИИ) прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии УО ВГАВМ.

Результаты наших исследований показали, что сухое вещество галеги восточной, клевера лугового и люцерны посевной имеют высокую питательную ценность (таблица 1, 2, 3). Вместе с тем уборка трав в фазу стеблевания имеет значительное преимущество, как по энергетической, так и по протеиновой питательности в сравнении с более поздними сроками уборки трав. Нами также установлено, что в процессе потери растениями влаги идет снижение питательной ценности их сухого вещества во всех изучаемых фазах развития растений.

Среди изучаемых нами культур более питательной оказалась зеленая масса галеги восточной. В сухом веществе которой, в фазу стеблевания, содержалось от 1,05 до 1,13 корм. ед. При этом более высокое содержание кормовых единиц в 1 кг сухого вещества отмечено в свежескошенной зеленой массе. Далее, по мере потери массой влаги, идет снижение питательности сухого вещества, и при СВ 46,6 % содержание кормовых единиц составило 1,05. В фазу стеблевания зеленая масса клевера лугового имела питательную ценность 0,96–1,06 корм. ед., а люцерны посевной – 0,96–1,07 корм. ед. Общая питательная ценность сухого вещества культур в фазу бутонизации снизилась относительно фазы стеблевания. Питательная ценность свежескошенной массы галеги восточной составила 1,00 корм.ед. По мере проявлявания питательность снижалась и при содержании СВ 35,9 % составила 0,86 корм. ед., при СВ 41,8 % – 0,80 корм. ед., при СВ 45,7 % – 0,79 корм. ед. Потери содержания кормовых единиц в сухом веществе клевера лугового составили 0,17 корм. ед.: с 0,94 до 0,77 корм. ед., а у люцерны посевной 0,13 корм. ед.: с 0,93 до 0,80 корм. ед.

Таблица 1. Энергетическая и протеиновая питательность зеленой массы клевера лугового

Фаза вегетации	СВ, %	% в 1 кг сухого вещества			
		ОЭ, МДж	к.ед.	СП, г	ПП, г
Фаза стеблевания					
Свежескошенная масса	13,2	11,34	1,06	226	165
Провяленная масса	34,8	11,27	1,03	221	161
	40,6	11,15	1,00	217	158
	45,6	10,89	0,96	202	147
Фаза бутонизации					
Свежескошенная масса	19,2	10,82	0,94	218	152
Провяленная масса	35,4	10,17	0,85	209	146
	40,8	9,91	0,78	197	138
	45,7	9,68	0,77	184	129

Под энергетической питательностью кормов, понимается способность углеводов, жиров и, частично, белков метаболизироваться до макроэргических соединений, и откладываться в виде продукции. В качестве основного показателя энергетической питательности кормов и рационов для животных используют величину обменной энергии. Изучаемые нами культуры имели высокую энергетическую ценность. Сухое вещество их зеленой массы в зависимости от степени проявлявания содержало 10,95–11,75 МДж/кг обменной энергии. При этом большее количество обменной энергии в сухом веществе зеленой массы растений, убранных в фазу стеблевания, отмечено у галеги восточной. В сухом веществе ее свежескошенной зеленой массы уровень обменной энергии составлял 11,75 МДж/кг. При содержании СВ в растениях 36,6 %, содержание обменной энергии уменьшилось на 0,12 МДж/кг и составило 11,63 МДж/кг, при СВ 41,0 % содержание ОЭ по сравнению со свежескошенной зеленой массой уменьшилось на 0,26 и составило 11,49 МДж/кг, а при СВ 46,6 % потери обменной энергии составили 0,29 МДж/кг и составили 11,46 МДж/кг. Как показал расчет уравнения регрессии у галеги восточной, содержание сухого вещества обратно пропорционально содержанию обменной энергии $r = -0,91034$ (стеблевание); $r = -0,99211$ (бутонизация). Зависимость между этими признаками описывается уравнением: $y = -0,0165x + 12,209$ (стеблевание), $y = -0,0441x + 11,85$ (бутонизация).

Сухое вещество зеленой массы клевера лугового, убранного в фазу стеблевания содержало 11,34 МДж/кг обменной энергии. Провяливание зеленой массы повлекло за собой снижение ее энергетической ценности до 11,27 МДж/кг, 11,15 МДж/кг, а при СВ 46,6 % – 10,89 МДж/кг. При этом ко-

эффицент корреляции между содержанием СВ и обменной энергией составил $r = -0,96833$ (стеблевание); $r = -0,99997$ (бутонизация). Зависимость между этими показателями описывается уравнением: $y = -0,0348x + 12,507$ (стеблевание), $y = -0,0476x + 11,853$ (бутонизация).

В СВ зеленой массы люцерны посевной, убранной в фазу стеблевания, содержалось 10,95–11,59 МДж/кг ОЭ. При этом более высокое количество обменной энергии было в сухом веществе свежескошенной зеленой массы. Увеличение количества сухого вещества в растениях за счет потери влаги влечет за собой снижение в нем обменной энергии. При содержании СВ в зеленой массе 36,3 % энергетическая ценность составила 11,07 МДж/кг, при СВ 41,1 % – 11,04 МДж/кг, а при СВ 45,8 % – 10,95 МДж/кг ОЭ. У люцерны посевной зависимость между содержанием сухого вещества и обменной энергией была аналогичной другим культурам ($r = -0,95907$, $y = -0,0126x + 11,538$ (стеблевание); $r = -0,99858$, $y = -0,0455x + 12,106$ (бутонизация)).

Таблица 2. Энергетическая и протеиновая питательность зеленой массы люцерны посевной

Фаза вегетации	СВ, %	% в 1 кг сухого вещества			
		ОЭ, МДж	к.ед.	СП, г	ПП, г
Фаза стеблевания					
Свежескошенная масса	16,8	11,59	1,07	244	198
Провяленная масса	36,3	11,07	0,99	222	179
	41,1	11,04	0,99	218	176
	45,8	10,95	0,96	208	168
Фаза бутонизации					
Свежескошенная масса	17,2	10,64	0,93	207	161
Провяленная масса	36,4	10,44	0,88	194	152
	40,6	10,27	0,86	189	147
	46,1	10,0	0,80	176	137

В системе комплексной оценки питательности кормов особая роль принадлежит протеину. Обеспеченность животных протеином определяется количеством в рационе сырого и переваримого протеина. Сырой протеин – это все азотсодержащие вещества корма, переваримый определяется по разнице между поступившим с кормом протеином и выделенным с калом. Переваримость протеина зависит от многих факторов, например, от обеспечения энергией, легкоусвояемыми углеводами, другими элементами питания, поэтому учитывают, как правило, сырой, а не переваримый протеин.

На переваримость протеина влияет вид культуры и фазы уборки. У клевера лугового и галеги восточной в фазе стеблевания переваримость протеина составляет 73 %, а в бутонизацию – 70 %, более высокой переваримостью характеризуется люцерна 81 и 78 % соответственно. Поэтому, несмотря на высокие значения сырого протеина у галеги, наивысшие показатели переваримого протеина получены у люцерны посевной в фазу стеблевания (168–198 г) и бутонизации (137–161 г).

Таблица 3. Энергетическая и протеиновая питательность зеленой массы галеги восточной

Фаза вегетации	СВ, %	% в 1 кг сухого вещества			
		ОЭ, МДж	к.ед.	СП, г	ПП, г
Фаза стеблевания					
Свежескошенная масса	15,8	11,75	1,13	246	179
Провяленная масса	36,6	11,63	1,09	233	170
	41,0	11,49	1,07	228	166
	46,6	11,46	1,05	223	163
Фаза бутонизации					
Свежескошенная масса	17,0	11,06	1,00	222	155
Провяленная масса	35,9	10,28	0,86	203	142
	41,2	10,0	0,80	202	141
	45,7	9,85	0,79	195	136

Заключение

Изученные нами многолетние бобовые травы первого укоса имели высокую энергетическую и протеиновую питательную ценность СВ свежескошенной и провяленной зеленой массы. Уровень обменной энергии в зависимости от степени провяливания, вида и фазы уборки растений составил 11,78–9,68 МДж. Ранняя фаза развития растения (стеблевание) характеризовалась более высоким содержанием обменной энергии относительно фазы бутонизации. У люцерны посевной потери обменной энергии у свежескошенной массы больше зависели от фазы развития, чем у других культур (8,9 %), однако степень провяливания меньше сказывалась на этом показателе (при максимальном

проявлении составили 9,5 %). Более высокую концентрацию переваримого протеина в 1 кг СВ зеленой массы, имела люцерна посевная (168–198 г в фазу стеблевания и 137–161 г в фазу бутонизации). По отношению к галеге восточной и клеверу луговому ее показатели в зависимости от фазы вегетации и содержания сухого вещества превышали данную величину на 1–19 г и 8–33 г соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганущенко О. Ф., Зенькова Н. Н. Многолетние бобовые травы – недооцененный резерв энергоресурсосбережения в практике кормопроизводства: рекомендации. – Витебск: ВГАВМ, 2023. – 16 с.
2. Практическое руководство по использованию кормовых ресурсов в кормопроизводстве: практическое руководство / Н. Н. Зенькова и др.; под общ. Ред. Н. Н. Зеньковой, О. Ф. Ганущенко. – Витебск: ВГАВМ, 2021. – 176с. 6. Современные подходы к приготовлению кормов: учебное пособие / О. Ф. Ганущенко [и др.]. – Москва: Русайнс, 2021. – 416 с.
3. Кормопроизводство с основами ботаники. Практикум: учебное пособие / Т. М. Шлома, М. О. Моисеева, Н. Н. Зенькова, Н. П. Лукашевич и др. – Витебск: ВГАВМ, 2022. – 131 с.
4. Изучение показателей силосуемости и питательной ценности зеленой массы галеги восточной в зависимости от фазы уборки, укоса и степени проявления / Н. Н. Зенькова, О. Ф. Ганущенко, М. О. Моисеева и др. // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2021. –Т. 57, № 4. – С. 42-46.
5. Зенькова Н. Н., Ганущенко О. Ф., Моисеева М. О. Сравнительная оценка питательности консервированных кормов из галеги восточной // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2022. – № 2. – С. 65–69.
6. Соответствие фаз развития кормовых культур для приготовления бобово-злаковых травяных кормов / Н. П. Лукашевич, Н. Н. Зенькова, Т. М. Шлома и др. // Земледелие и защита растений – 2013. – № 2. – С. 17–20.
7. Шелюто Б. В., Холдеев С. И. Эффективность выращивания многолетних трав в зависимости от агрофона и количества укосов // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сборник научных трудов / Гродненский государственный аграрный университет. – Гродно, 2006. – С. 23–27.
8. Зенькова, Н. Н. Продуктивность и качественный состав зеленой массы галеги восточной в зеленом конвейере // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»: научно-практический журнал. – Витебск, 2017. – Т. 53, вып. 1. – С. 205–208.
9. Сырьевая база кормопроизводства и оптимизация приемов заготовки кормов: [Электронный ресурс] / Н. Н. Зенькова и др. – Витебск: ВГАВМ, 2021. – 356 с. Режим доступа: <https://www.vsavm.by/kafedra-kormoproizvodstva-i-proizvo/literatura> – Дата доступа: 15.07.2022.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МИКРОФЛОР В РАЗЛИЧНЫХ СЛОЯХ ПОЧВ

И. ДЖ. МУРЗАЛИЕВ, М. М. САЙИДКУЛОВ

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь, 210026

(Поступила в редакцию 01.07.2024)

В статье приведены состояние почв по экологическим зонам Республики Беларусь, изучено состояние микроорганизмов в различных средах и в слоях почвы, влияющие на образование гумусов, выяснены факторы, вызывающие их загрязнение. Проанализированы верхний (до 30 см), средний (до 2 м) и глубокий слои почв с установлением различных видов микрофлор. В результате их классификации с учетом экологических и эпизоотологических факторов перечень возбудителей инфекций был разделен на три группы: на природно-очаговые инфекции – трансмиссивные (с одним или несколькими переносчиками) и не-трансмиссивные (передаются орально-фекальными, аэрозольными, трансмиссивными, контактными и смешанными путями с сохранением на длительное время); на эдафические – возбудители с сапрофитным типом питания (сапронозы), передаются воздушно-пылевым, с живыми переносчиками и фекально-оральными путями. Они ведут сапрофитный образ жизни и могут циркулировать в биотических объектах внешней среды. условно-патогенные микроорганизмы – передаются фекально-оральным, аэрозольным путями с локализацией возбудителей в крови. Возбудители условно-патогенных инфекций обладают механизмами длительной персистенции в организме животных, а также устойчивы к факторам внешней среды.

В окружающей среде установлены три основные среды обитания: организм людей, организм животных и внешняя среда. В почвенной среде многочисленное количество микрофлоры составляют грибы, актиномицеты, вирусы, бактерии, прiony, бактериофаги и специфические нематоды.

В итоге выяснено, что кругооборот веществ в почве происходит в виде выполнения трех функций: 1) растения синтезируют органическое вещество, 2) живые микроорганизмы проводят механическое и биохимическое разрушение веществ, 3) образование гумуса проходит путем синтеза физиологически активных минеральных и органических веществ. Живые организмы и бактерии в почвах употребляют растительные углеводы, жиры и белки, а грибы разрушают целлюлозу и играют основную роль в биологическом кругообороте веществ и потоке энергии.

Ключевые слова: биосфера, популяция, сообщество, экосистема, загрязняющее вещество, окружающая среда, экологическая безопасность, микрофлора, почва.

The article presents the state of soils in ecological zones of the Republic of Belarus, studies the state of microorganisms in various environments and in soil layers affecting the formation of humus, and identifies the factors causing their pollution. The upper (up to 30 cm), middle (up to 2 m) and deep soil layers were analyzed, with various types of microflora identified. As a result of their classification, taking into account ecological and epizootological factors, the list of pathogens was divided into three groups: natural focal infections – transmissible (with one or more carriers) and non-transmissible (transmitted by oral-fecal, aerosol, transmissible, contact and mixed routes with long-term preservation); edaphic – pathogens with a saprophytic type of nutrition (sapronoses), transmitted by airborne dust, with live carriers and fecal-oral routes. They lead a saprophytic lifestyle and can circulate in biotic objects of the external environment. Opportunistic microorganisms are transmitted by the fecal-oral, aerosol routes with the localization of pathogens in the blood. Pathogens of opportunistic infections have mechanisms of long-term persistence in the body of animals, and are also resistant to environmental factors.

Three main habitats are established in the environment: the human body, the animal body and the external environment. In the soil environment, numerous microflora are fungi, actinomycetes, viruses, bacteria, prions, bacteriophages and specific nematodes.

As a result, it was found that the circulation of substances in the soil occurs in the form of performing three functions: 1) plants synthesize organic matter, 2) living microorganisms carry out mechanical and biochemical destruction of substances, 3) humus formation occurs through the synthesis of physiologically active mineral and organic substances. Living organisms and bacteria in soils consume plant carbohydrates, fats and proteins, and fungi destroy cellulose and play a major role in the biological cycle of substances and energy flow.

Key words: biosphere, population, community, ecosystem, pollutant, environment, environmental safety, microflora, soil.

Введение

В настоящее время в Республике Беларусь в хозяйствующих субъектах ежегодно растут объемы применения минеральных и органических удобрений, химических средств борьбы с болезнями растений и животных, вредителями и сорняками. Вместе с тем увеличивается количество эрозии и деградации почв и пастбищ, происходит засорение их различными химическими, нередко токсическими веществами. Также несвоевременное проведение севооборотов приводит к ухудшению плодородия почв и выделению из севооборотов сельхозугодий [1, 2, 3].

Проблема сохранения почв и повышения их урожайности на сегодняшний день является первоочередной задачей работников села. Для возобновления плодородия почв прежде всего требуется изучение их загрязнения и сохранение источников их восстановления. Процесс повышения качества почв проходит длительно и требует много времени. Почвообразовательные процессы слоя толщиной 1 см формируются в различных природных условиях на протяжении от 100 до 300 лет, а образование гумусного слоя почв требует дополнительных вкладов. Земли сельскохозяйственного назначения

непосредственно требуют обогащения запасов перегноя, азота, фосфора, калия и других микроэлементов для обеспечения высокой урожайности сельхозкультур [3, 6, 8].

В последние годы в результате интенсивных выбросов отходов промышленности, перерабатывающих предприятий, строительства и сельского хозяйства в окружающую среду и повышения процессов загрязнения стали более ускоренно появляться эрозии и деградации почв и начал быстро разрушаться баланс почвы. За последний период в республике количество эрозийных и деградированных почв составило более 2 млн га [9].

Согласно намеченным задачам, правительством республики принят Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» (26.11.1992 № 1982-ХІІ) для решения актуальных проблем природы и сохранения улучшенного состояния почв, пастбищ и сенокосов [8, 9].

Цель работы – изучить экологическое состояние почв и факторы их загрязнения, а также состояние микроорганизмов в различных зонах и слоях почв, влияющих на образование гумусов.

Основная часть

Исследования проводились на кафедре зоологии и экологии УО ВГАВМ. Для изучения использовались приборы, оборудование, микроскопы, термостат, центрифуга и компьютерный класс (проектор, лазерный принтер). Были проанализированы статистические данные предприятий о состоянии окружающей среды и природных ресурсов, проведены лабораторные исследования в агрохимической лаборатории Витебской области. Проанализировано влияние абиотических, биотических и антропогенных факторов на состояние почв. Комплексное лабораторно-практическое исследование почв проводилось в СПК «Ольговское» на пахотных землях площадью 80 га под сельхозугодья и на 50 га пастбищ, а также на 30 га пашен и на 20 га пастбищ крестьянского хозяйства «Красный двор» Витебского района Витебской области. Также наблюдения проводились на неиспользуемых участках земель (бугорках, неудобьях, лоцинистых и кустарниковых участках). Всего в двух хозяйствах были исследованы 110 га пахотных земель сельхоз назначения и 70 га пастбищ для скота.

Для опытов были использованы экологические, эпизоотологические, агрохимические, экспериментальные, физиологические, лабораторно-полевые методы и экологический мониторинг. Экологические методы включали анализ сезонности развития, расселения, акклиматизации полезных и вредных веществ, проблем засоления почв. Физиологическим методом изучали состояние микроорганизмов в почвах, их совместное воздействие на внутривидовую и внутривидовую разнородность. Полевым методом установили влияние на почву комплекса факторов внешней среды и выяснили их состояние в более критических условиях. Экспериментальным методом изучили воздействие выбросов и отходов предприятий на состояние почв. Соответственно изучали их воздействие на состояние окружающей среды и в последующем разрабатывали механизмы нормализации. Лабораторные методы применялись для исследования лабораторных проб почв и выяснения их взаимоотношений в состоянии их популяций в сообществе. Агрохимическим методом определяли наличие или отсутствие различных минералов, неорганических соединений, микроэлементов (С, N, S, P, Fe, Mn, CO, Mg). Исследования проводились согласно ГОСТу (56157-2014) с применением методов «сетка» и «конверт». Агрохимические методы исследования почвы проходили с выбором участков площадью 10×10 м. После исследования почв при однородной структуре выполнили работу на участке параметром от 1–5 га. Изучению подвергались верхний гумусный (плодородный) слой почвы глубиной до 30 см, средний менее плодородный слой до 2 метров и глубокий неплодородный или каменный слой почвы более двух метров. Изучили состояние кислотности (рН), физико-химический состав грунта и выяснили количество органики в 1 м² почвы [1, 2].

Эпизоотологический метод исследования осуществляли комплексно с проведением обследования хозяйств, сравнительно-географического описания эпизоотического процесса и анализа эпизоотологической карты местности. В последующем выяснили количество неблагополучных пунктов в хозяйствах по инфекционным болезням животных, особенно по природно-очаговым инфекциям. Изучали сроки появления, распространения и ликвидации заразной болезни с применением комплекса методических исследований. В сравнении анализировали эпизоотическое состояние местности, а также зависимость эпизоотической обстановки от природно-географических и социально-экономических условий регионов. Бактериологическим, вирусологическим, паразитологическим методами установили наличие в почвах бактерий, вирусов, актиномицетов, грибов и специфических нематод. Более подробно выяснили состояние почвенных микроорганизмов с выяснением их источников миграции по кругообороту «почва–растения–животные–человек и обратно» и их зависимость от природно-климатических факторов местности. Также изучали эффективность применяемых профилактических и лечебных средств против природно-очаговых инфекций. По результатам работы нам удалось разра-

ботать соответствующие противозпизоотические мероприятия и более эффективные методы борьбы по предотвращению экономического ущерба в животноводстве и в окружающей среде.

Экологический мониторинг проводили путем регулярного наблюдения за состоянием природных ресурсов и почв, особенно её изменений под влиянием естественных и антропогенных факторов. Анализировали влияние солнечной энергии, светового и теплового режима, температуры воздуха, воды и влажности на состояние почвы, а также изменение состава почвы, состояние популяции, сообщества, экосистемы, среды жизни, развития, роста, выживаемости и размножения живых организмов.

В почвах численность микроорганизмов колеблется от десятков до сотен тысяч и нескольких миллиардов в одном грамме. Почва как среда обитания обладает специфическими физическими свойствами.

Однако в республике в последние десятилетия интенсивные выбросы отходов промышленности, перерабатывающих предприятий, строительства и сельского хозяйства в окружающую среду увеличивается в 2 раза каждые 10 лет, загрязнение воды и почв ежегодно увеличивается до 100 %, что приводит к более ускоренному образованию эрозий и деградации почв.

По итогам исследования почв нами выявлено, что основная территория Беларуси состоит из подзолистых почв под хвойными лесами, характеризующимися образованием подстилки из лесного опада. Образующийся гумус мигрирует по почвенному профилю, а кислые продукты деструкции органических остатков снижают pH почвенного раствора и взаимодействуют с минеральной частью почвы. В переработке лесного опада играют активную роль микро- и мезофауны, микромицеты и микробы. В этих зонах часто встречается накопление гидроокисей железа, алюминия и марганца, связанной с активностью образования лесных гумусов, торфов и часто встречаются: бациллы – *B. virgulus*, *B. cereus*, *B. mycoides*, *B. agglomeratus*; микромицеты – мицелиальные грибы – *Mortierellagrammiana*, *Penicilliumthomii*, *P. daleae*, *P. frequenten*; микромицеты – дрожжевые грибы – *Candidapodzolica*, *Cr. terricolus*, *Lipomycesstarkeyi*, *Tremellaspp.* Также многие площади земель в республике составляет чернозем с преобладанием насыщенного нейтрального гумуса и зернистой структуры почвы. В отличие от лесных в черноземных почвах состав биогумуса больше и биомасса бактерий выше и часто встречаются: бациллы – *B. idosus*, *B. megaterium*, *B. cereus*, *B. brevis*; микромицеты и мицелиальные грибы – *P. tardum*, *P. janthinellum*, *P. vermiculatum*, *Aspergillusochraceus*; микромицеты и дрожжевые грибы – *Lipomycestetrasporus*, *Schwanniomycesoccidentalis*, *Cr. aerius*. В бугристых, холмистых местах и на деградированных почвах часто встречаются каштановые почвы, которые менее благоприятны для роста растительности из-за низкого количества биогумуса, минеральных и органических веществ. Значительную часть микрофлоры этих почв составляют актиномицеты и спорообразующие бактерии, которые непосредственно связаны с выпадением осадков. В каштановых почвах часто встречаются: бациллы – *B. idosus*, *B. megaterium*, *B. mesentericus*, *B. brevis*; микромицеты и мицелиальные грибы – *A. alliaceus*, *P. purpurogenum*, *P. lilacinum*; микромицеты и дрожжевые грибы – *L. tetrasporus*. В деградированных зонах почв нередко встречаются сероземные почвы, где запасы фито- и биомассы составляют не более 50 ц/га и слабо проходят низкие минерализационные процессы слабой средой для размножения микрофлор, бактерии и грибов. В сероземных почвах встречаются: бациллы – *B. brevis*, *B. idosus*, *B. mesentericus*, *B. megaterium*; микромицеты и мицелиальные грибы – *A. flavipes*, *A. fumigatus*, *Aterreus*, *A. ustus*, *Penicillium spp*; микромицеты и дрожжевые грибы – *Cr. albidus*.

По образованию гумусов нами исследованы три слоя почвы: верхний глубиной до 30 см, средний до 1–2 м и глубокий слой почв с установлением автохтонной, зимогенной, олиготрофной и автотрофной форм микрофлор.

Верхний слой почвы является самой благоприятной зоной по образованию гумуса и для развития и улучшения продуктивности растений. Достаточно активный образ жизни ведет аэробная микрофлора, грибы, протеи, вирусы, бактерии и нематоды. В этом слое почвы концентрируются вещества, необходимые для питания растений – фосфор, азот, кальций, калий и многие другие. В почвенной влаге содержатся газы, растворимые соли, питательные вещества. Почвенные растворы могут быть кислыми или щелочными, воздух обладает повышенным содержанием углекислого газа, углеводорода и водяного пара. Поэтому верхний слой почвы является самым необходимым слоем для образования гумуса и выступает как питательное средство для роста и улучшения урожайности растительного мира. Верхние слои почвы содержат массу корней растений в процессе роста, отмирания и разложения. Они разрыхляют почву и создают определенную структуру и условия для жизни микроорганизмов. По результатам исследования мы убедились, что все свойства почвы во многом зависят от климатических факторов и от жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, которые механически пере-

мешивают и перерабатывают почву. При участии живых организмов в почве происходит постоянный кругооборот веществ и миграция энергии. Эти факторы зависят от рельефа местности. Путем анализа материалов мы убедились в том, что хорошо увлажненная почва легко прогревалась и медленно остывала, при этом суточное колебание температуры доходило до слоев почвы глубиной более одного метра, в зимний период их количество повышалось, а летом наоборот уменьшалось. Чем глубже, тем больше увеличивается количество углекислого газа в почве, а состояние кислорода уменьшается. Максимальное количество микроорганизмов находится в верхних слоях почвы, где складывается благоприятный режим влаги, температуры, обеспеченности кислородом и где имеются растительные и животные остатки – источники питания гетеротрофных микробов. Состояние биогумусного слоя почвы доходит до 30 см, в отдельных случаях может быть глубже в зависимости от биогенных и агротехнических приемов обработки.

Средний слой почвы является менее благоприятной средой для развития живых организмов и для образования биогумусов, слабое поступление солнечной энергии, влажности, кислорода и тепла более активизирует анаэробов, грибов и нематод.

В глубоком слое почвы более тяжелое положение для развития микробных тел и сообществ живых организмов. Существуют твердые слои минералов и тяжелые физические вещества горных пород, вечная мерзлота с низкой температурой, с отсутствием микроорганизмов и микрофлор из-за высокой плотности, давления и низкой температуры в ядре земли.

Во многих случаях почва является источником инфекции, содержащая возбудителей заболеваний человека, животных и растений. Н: споры сибиреязвенной бациллы (*Bacillus anthracis*) сохраняются жизнеспособными в скотомогильниках до 70 и более лет, прионы более 50 лет. Присутствие в почве кишечной палочки и термофильных микроорганизмов свидетельствует о достаточно свежем фекальном загрязнении, тогда как споры клостридий, сохраняясь длительное время в почве, могут свидетельствовать о давнем ее загрязнении. В бактериальных сообществах пресноводных и морских экосистем доминируют грамотрицательные бактерии, а грамположительные бактерии становятся доминантами в наземных экосистемах.

В результате анализа чистоты почв по санитарно-показательным микроорганизмам выявлено, что почва является чистой, если количество титров составляет по *E. coli* – 1,0 и выше; по нитрифицирующим бактериям – 0,1 и выше; по *S. perfringens* – 0,1 и выше и количеству термофильных бактерий 1 г составляет 100–1000. Соответственно в загрязненных почвах их число составляет – 0,9–0,01; 0,01–0,001; 0,009–0,0001; 1001–10000; и в сильно загрязненных почвах соответственно составляет – 0,009 и ниже; 0,0001 и ниже; 0,00009 и ниже и $10001-4 \cdot 10^6$.

В окружающей среде установлены три основные среды обитания: организм людей, организм животных и внешняя среда. В почвенной среде многочисленное количество микрофлоры составляют грибы, актиномицеты, вирусы, бактерии, прионы, бактериофаги и специфические нематоды.

В результате их классификации с учетом экологических и эпизоотологических факторов перечень возбудителей инфекций был разделен на три группы: на природно-очаговые инфекции – трансмиссивные (с одним или несколькими переносчиками) и нетрансмиссивные (передаются орально-фекальными, аэрозольными, трансмиссивными, контактными и смешанными путями с сохранением на длительное время); на эдафические – возбудители с сапрофитным типом питания (сапронозы), передаются воздушно-пылевым, с живыми переносчиками и фекально-оральными путями. Ведут сапрофитный образ жизни и могут циркулировать в биотических объектах внешней среды; условно-патогенные – передаются фекально-оральным, аэрозольным путями с локализацией возбудителей в крови. Возбудители условно-патогенных инфекций обладают механизмами длительной персистенции в организме животных, а также устойчивы к факторам внешней среды.

В итоге нами выяснено, что кругооборот веществ в почве происходит в виде выполнения трех функций: 1) растения синтезируют органическое вещество, 2) живые микроорганизмы проводят механическое и биохимическое разрушение веществ, 3) образование гумуса проходит путем синтеза физиологически активных минеральных и органических веществ.

Заключение

Типичные почвенные микроорганизмы адаптированы к различным видам почв и находятся в постоянном и многообразном взаимодействии друг с другом и со средой обитания. Почва является чистой, если количество титров составляет по *E. coli* – 1,0 и выше; по нитрифицирующим бактериям – 0,1 и выше; по *S. perfringens* – 0,1 и выше и количеству термофильных бактерий 1 г составляет 100–1000. Соответственно в более загрязненных почвах их число составляет – 0,9–0,01; 0,01–0,001; 0,009–0,0001; 1001–10000. Живые организмы и бактерии в почвах употребляют растительные углеводы,

жиры и белки, а грибы разрушают целлюлозу и играют основную роль в биологическом кругообороте веществ и потоке энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коростелева Л. А., Коцаев А. Г. Основы экологии микроорганизмов. – Санкт-Петербург: Лань. – 2013 с.
2. Радкевич В. А. Экология. – Минск: Высшая школа, 1983. – 320 с.
3. Общая и ветеринарная экология / под. ред. А. И. Ятусевича. – Минск: «ИВЦ Минфина», 2014. – 308 с.
4. Мурзалиев И. Дж. Аденовирусные инфекции животных: монография. – Бишкек: Demі, 2008. – 200 с.
5. Мурзалиев И. Дж., Прудников В. С. Вирусные пневмоэнтериты овец; монография. – Бишкек: Demі, 2019. – 224 с.
6. Гараев Д. М., Мурзалиев И. Дж. Природно-климатические условия, влияющие на заболеваемость овец пневмоэнтеритами // Вестник Алтайского ГАУ РФ. – Барнаул, 2016. – № 4 – С. 150–154.
7. Третинникова, А. И. Биосфера и молодость человека; науч. рук. И. Дж. Мурзалиев // Студенты – науке и практике АПК: материалы 104-й Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, г. Витебск, 23 мая 2019 г. / Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск: ВГАВМ, 2019. – С. 345–346.
8. Одинцова О. Г., Косилов Н. А. Экологические основы биологических отходов животноводства // Актуальные вопросы сельскохозяйственного производства: Международная научно-практическая конференция студентов и магистрантов, посвященной 95-летию академии, Витебск, 30 октября 2019 г. / Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск: ВГАВМ, 2019. – С. 148–149.
9. Одинцова О. Г. Влияние факторов среды на продуктивность скота // Актуальные вопросы сельскохозяйственного производства: Международная научно-практическая конференция студентов и магистрантов, посвященной 95-летию академии, Витебск, 30 октября 2019 г. / Витебская академия ветеринарной медицины. – Витебск: ВГАВМ, 2019. – С. 153–155.
10. Медведев Г. Ф. Причины, частота, особенности проявления воспалительных процессов и функциональных расстройств половых органов и влияние их на репродуктивную способность коров // Животноводство и ветеринарная медицина 2024. – №1(52) – С. 46–53.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИМИ ОТХОДАМИ

Ю. В. КЛЯУСОВА, А. А. ЦЫГАНОВА, Г. В. БЕЛЬСКАЯ

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь, 220013, e-mail: yuliya-klaus@mail.ru; anna-1981-81@mail.ru; gbelskaja@mail.ru

(Поступила в редакцию 02.07.2024)

Максимальный интегральный эффект от применения биогазовых технологий можно получить при одновременном выполнении экономического, энергетического и экологического императивов устойчивого развития. Биогаз с высокой эффективностью может быть использован для получения тепловой и электрической энергии для локальных целей, поскольку биогазовые комплексы размещены в разных регионах страны и не требуют строительства дорогостоящих газопроводов и другой инфраструктуры. Важным обстоятельством является то, что производство биогаза сопровождается снижением объемов образования и складирования органических отходов, представляющих серьезную угрозу окружающей среде. Эффективное их использование для производства дополнительного продукта – биогумуса – снижает себестоимость получаемого биогаза, повышает урожайность с.-х. культур, снижает нагрузку на окружающую среду.

В Республике Беларусь сложились специфические условия по формированию сырьевой базы для использования ее в биогазовых технологиях. Основными видами сырья в настоящее время являются органические отходы животноводства – навоз с.-х. животных, с добавлением других компонентов, также отходы жилищно-коммунального хозяйства, содержащие органическую фракцию. Помимо энергетической функции, современные технологии метаногенеза позволяют эффективно управлять органическими отходами, снижать объемы их образования и складирования, улучшать качество окружающей среды.

Ключевые слова: биогазовые технологии, управление органическими отходами, снижение объемов образования, производство биогумуса.

The maximum integrated effect from the use of biogas technologies can be obtained by simultaneously fulfilling the economic, energy and environmental imperatives of sustainable development. Biogas can be used with high efficiency to generate heat and electricity for local purposes, since biogas complexes are located in different regions of the country and do not require the construction of expensive gas pipelines and other infrastructure. An important circumstance is that biogas production is accompanied by a decrease in the volume of formation and storage of organic waste, which poses a serious threat to the environment. Its effective use for the production of an additional product – vermicompost – reduces the cost of the resulting biogas, increases the yield of agricultural crops, and reduces the burden on the environment. In the Republic of Belarus, specific conditions have developed for the formation of a raw material base for its use in biogas technologies. The main types of raw materials are currently organic waste from livestock – manure of agricultural animals, with the addition of other components, as well as waste from housing and communal services containing an organic fraction. In addition to the energy function, modern methanogenesis technologies allow for the effective management of organic waste, reducing the volume of its formation and storage, and improving the quality of the environment.

Key words: biogas technologies, organic waste management, reduction of formation volumes, biohumus production.

Введение

В условиях изменяющегося спроса на энергоресурсы и постоянного колебания тарифов на них, а также лимитов запасов нефти, угля и газа, особое значение приобретают вопросы поиска и использования возобновляемых источников энергии. Переработка сельскохозяйственных отходов на биогазовых установках может обеспечить хозяйство биогазом, который используют в любых бытовых газовых приборах, и высокоэффективными органическими биоудобрениями, применение которых увеличивает продуктивность почвы на 10–30 % [1]. Примечательным является тот факт, что в европейских странах разработка и внедрение биогазовых технологий были связаны, в первую очередь, с желанием сократить объемы шламов, отправляемых на захоронение или складирование. Например, в Швеции биогаз начали производить с 60-х годов XX столетия из осадков, образуемых на муниципальных очистных сооружениях в крупных городах. Энергетическая составляющая играла исключительно дополнительную роль. В развивающихся странах (Эфиопия, Судан, Бангладеш) 90–95 % энергетики зависит от переработки биомассы; в США – 3–4 %; Швеции – 10 %; Финляндии – 17 %. В текущем столетии, по прогнозам специалистов, 25% энергии будет получено из биомассы отходов. Сейчас этот процент не превышает 4 %. Биоэнергетика – это экологически чистое будущее. Термин биомасса распространяется на все виды веществ растительного и животного происхождения, продукты жизнедеятельности человека и животных [2].

Основная часть

В Республике Беларусь сложились специфические условия по формированию сырьевой базы для использования ее в биогазовых технологиях. Основными видами сырья для получения биогаза в настоящее время являются органические отходы животноводства – в основном, это навоз сельскохозяйственных животных (вторичная биомасса). В настоящее время в республике функционирует около 100 крупных ферм по откорму крупного рогатого скота, 120 крупных свиноплодных комплексов и около 60 птицеводческих хозяйств, которые производят до 300 тысяч тонн жидких органических отходов в сутки [3]. Биогазовый потенциал органических отходов животноводства составляет 4 млрд м³ биогаза

в год, что соответствует 800 МВт электрической мощности. Использование этого ресурса позволило бы обеспечить экономию 3,87 млн тонн условных тонн в год [4]. Можно сказать, что органические отходы животноводства являются в настоящее время основным подходящим сырьем для гарантированного производства биогаза в нашей стране. Кроме энергетических преимуществ, биогазовые технологии обеспечивают значительные экологические преимущества по улучшению качества окружающей среды.

Переход животноводства на индустриальную основу и связанная с этим процессом концентрация животных на крупных фермах и комплексах обусловили резкое увеличение количества навоза и навозных стоков, которые должны утилизироваться, не загрязняя внешнюю среду. Скопление органических отходов вблизи крупных животноводческих комплексов представляет серьезную угрозу природной среде. Попадая в естественные водоемы, навозная жижа вызывает автрофикацию и массовые отравления водных организмов. В воде резко возрастает содержание аммиака и снижается количество кислорода. Поэтому отходы животноводства должны быть своевременно утилизированы.

Сельскохозяйственные животные недостаточно полно усваивают энергию растительных кормов. Более половины солнечной энергии, аккумулированной фотосинтезом в кормах, используется непроизводительно – уходит в навоз. В мире разрабатываются способы переработки навоза и осадка сточных вод, позволяющие получать из них кормовые добавки. Из 1 кг органических веществ, содержащихся в сточных водах, можно получить 0,35 кг белкового концентрата. Кроме того, навоз содержит значительное количество энергии. Содержащаяся в растительных кормах энергия используется животными с низким коэффициентом усвоения. Так, в организме коровы в результате сложных биохимических процессов растительные корма трансформируются в органические вещества тела животного, молоко и т. п. Около 26 % энергии корма расходуется на переваривание и усвоение, а оставшаяся большая часть энергии (58 %) уходит в навоз.

Поэтому навоз является не только ценным сырьем для производства органических удобрений, но и существенным источником получения возобновляемой энергии. При применении биогазовых технологий осуществляется санитарная обработка сточных вод (особенно животноводческих и коммунально-бытовых); анаэробная переработка отходов животноводства и растениеводства позволяет получать уже готовые к использованию биоудобрения с высоким содержанием азотной и фосфорной составляющей. Утрата большого количества содержащихся в навозе азота, фосфора, калия и других ценных компонентов происходит и в результате хранения навоза. Органические отходы являются благоприятной средой для развития болезнетворных микроорганизмов и их разносчиков, а также гельминтов. Вопрос о защите окружающей среды в зонах скопления таких отходов стоит особенно остро [5].

Концепция перехода к устойчивому развитию в значительной степени зависит от устойчивости развития энергетики – системообразующей отрасли хозяйства – в соответствии с экологическими и экономическими требованиями. Многогранный эффект биоэнергетических технологий включает в себя энергетический, экологический и экономический компоненты (рис. 1) [6].



Р и с.1. Составляющие положительного эффекта биогазовых технологий

Одним из важных преимуществ использования органического осадка является его биоконверсия в продукты с добавленной стоимостью и биоэнергетику, которая может быть предложена в рамках концепции биопереработки. Эта концепция, присущая экономике замкнутого цикла, может быть описана как промышленное устройство, которое является восстановительным и регенерирующим. Кроме того, экономика замкнутого цикла лежит в основе подходов «зеленой химии» и «зеленой инженерии» и согласуется с ними, фактически фокусируясь на возобновляемых процессах и продуктах для укрепления здоровья человека и защиты окружающей среды. Внедрение биогазовых технологий для получения биоэнергии из различных органических отходов может стать возможным подходом к переходу от стандартной линейной экономики к циклической. Экономика замкнутого цикла играет важную роль во внедрении материалов в производственную цепочку и является благоприятным способом достижения экономического роста. Извлечение биоэнергии из отходов позволяет уменьшить воздействие на окружающую среду, вызванное в первую очередь недостаточно эффективным хранением отходов, а также избежать эвтрофикации воды и замедлить глобальное потепление климата.

При внедрении биогазовых комплексов в сферу экономики замкнутого цикла (рис. 2) органические отходы, могут быть направлены на переработку в системы анаэробного сбраживания. Производимый биогаз может быть преобразован в электрическую и тепловую энергию, которые могут использоваться непосредственно промышленными предприятиями, и, таким образом, достигается замена использования ископаемого топлива [6, 7].

В целом, экологические преимущества производства биогаза и биогумуса имеют как глобальный, так и локальный характер. К глобальным преимуществам можно отнести: сокращение потребления ископаемых видов топлива и тем самым продление срока их исчерпания; получение практически неиссякаемого источника энергии, так как биомасса (в виде органических отходов) постоянно возобновляется; сокращение эмиссий парниковых газов в атмосферу.



Р и с. 2. Концепция экономики замкнутого цикла с внедрением анаэробного сбраживания

Метаногенез, как процесс биосинтеза метана, играет важную роль в круговороте углерода в природе. Вовлекая сознательно в этот процесс органические отходы и используя затем получаемые биогаз и биогумус, снижается нагрузка на окружающую среду как за счет ускорения разложения отходов и уменьшения их количества и объема, так и за счет снижения выбросов более сильного, чем двуокись углерода, парникового газа – метана. Кроме того, использование навоза для производства биотоплива уменьшает выбросы углекислого газа, во-первых, из-за того, что большое количество углерода переходит в метан, и во-вторых, благодаря замене ископаемых видов топлива. Использование биогаза как топлива по сравнению с использованием природного газа экологически более предпочтительно из-за меньшего содержания в продуктах сгорания соединений серы, азота, углекислого газа, золы. Продукты энергетических процессов, связанных с использованием традиционных видов топлива, составляют 80...88 % всех видов загрязнения биосферы. При перевозках переход транспортных средств с бензина и дизельного топлива на биогаз из навоза, снижает выбросы CO₂ на 180 % на автомобиль [8] и дает экологический эффект от сокращения выбросов других загрязняющих веществ.

Экономические факторы оказывают как стимулирующее, так и сдерживающее воздействие на возможность применения биогазовых технологий. Причем эти факторы могут быть государственно-го, регионального или местного масштаба. При переработке отходов на биогазовых установках можно получить, как уже отмечалось выше, несколько видов ценной продукции: биогаз, который может использоваться либо как топливо при непосредственном сжигании вместо обычного природного газа, либо для выработки электрической и тепловой энергии. Однако эффективное производство биогаза возможно только в том случае, когда суммарная энергия газа будет значительно выше расходов энергии на его производство; электроэнергию; тепловую энергию – либо при прямом сжигании, либо, без дополнительного сжигания газа, от охлаждения электрогенератора в когенерационной установке; биоудобрения: органический осадок после анаэробного сбраживания – это экологически чистые жидкие и твердые удобрения, агрономически высокоэффективные, повышающие урожайность различных сельскохозяйственных культур. Одна тонна таких удобрений (по эффекту «на урожай») равноценна 70–80 тонн природных отходов животноводства и птицеводства.

К прямым экономическим выгодам анаэробного сбраживания органических отходов для непосредственных производителей относится: сокращение расходов на приобретение энергии, энергоносителей, удобрений, гербицидов и эффективное управление отходами, что, в свою очередь, зависит от объема и КПД установки; сокращения платежей за загрязнение окружающей среды; извлечение дохода от продажи излишков продукции биогазовой установки (биогаза, энергии, удобрений); получение дополнительной прибыли от утилизации чужих отходов; самообеспечение топливом и энергией; дешевое и в достаточном количестве исходное сырье (отходы); снижение потребности в покупных топливно-энергетических ресурсах (ТЭР); снижение транспортных расходов на доставку топлива; отсутствие перебоев с поставками топлива и энергии; энергонезависимость; интенсификация производства; возможность различной компоновки биогазовых установок, их модульность и, благодаря этому, возможность наращивания производственных мощностей при изменении количества образующихся отходов; оптимизация окупаемости биогазовой установки за счет эффективного использования биоудобрений и биогаза; повышение рентабельности биогаза; уменьшение количества отходов на 80–90 % и объемов их накопления и, соответственно, загрязнения окружающей среды; снижение себестоимости иной выпускаемой продукции; повышение урожайности сельскохозяйственных культур; эффективное использование сельскохозяйственных территорий.

Недостатками использования биогазовых технологий являются достаточно высокие капитальные, но единовременные вложения. Уровень этих вложений зависит от мощности установки, оснащения современными средствами автоматизации [9].

Заключение

Получение и использование биогаза относится к инновационной энергетике, энерго-, ресурсосберегающим и природоохранным технологиям. Биогазовые технологии предполагают получение тепловой и электрической энергии из любых органических субстратов, включая органические отходы. Их эффективное использование помогает снизить экологическую нагрузку в районе расположения животноводческих предприятий, уменьшить объемы образования отходов и нагрузку на очистные сооружения. Становится возможным обеспечить нужды предприятия собственной электрической и тепловой энергией, а также добиться сокращения выбросов парниковых газов. Эффективное функционирование биогазовых комплексов зависит не только от стабильного получения биогаза необходимого качества, но и от правильного использования дополнительного продукта технологического про-

цесса – органического осадка, который можно использовать как полноценное органическое удобрение. При этом, происходит улучшение качества окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Опыт получения биогаза и удобрений из стоков животноводческих ферм / Л. Г. Горковенко, Н. П. Ледин, И. Н. Ледин и др.; СКНИИЖ. – Краснодар, 2011. – 220 с.
2. Эффективность использования биогазовых установок / С. И. Кононенко и др. // Эффективное животноводство. – 2012. – № 5 (79). – С. 37–39.
3. Бельская Г. В. Перспективы использования органических отходов животноводческих ферм для производства биогаза в Республике Беларусь // Наука – образованию, производству, экономике. – Минск, 2014: тез. докл. / Сб. БНТУ; ред.: С. В. Игнатов и др. – Минск, 2014. – С. 317–321.
4. Кундас С. П., Пашинский В. А., Пилипчук А. С. Государственный кадастр возобновляемых источников энергии: практика и перспективы использования // Энергоэффективность. – 2013 – № 10. – С. 32–34.
5. Утилизация стоков животноводческих ферм / Н. П. Ледин и др. // Вестник Всероссийского научноисследовательского института механизации животноводства. – 2008. – Т. 18. – № 4. – С. 89–93.
6. Мишланова М. Ю. Интегральный эффект внедрения альтернативного энергоносителя – биогаза // Сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции 15–19 марта 2004 г.
7. Скляр Р. В., Ускенов Р. Б. Биогаз – альтернативный энергоноситель // Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнародної наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 01–24 квітня 2020 р.). – Метрополь, 2020. – С. 131–135.
8. Biogas Road Map for Europe. – АЕВІОМ, European Biomass Association. 2009. – 24 р.
9. Найман С. М. Экологические и экономические аспекты применения биогазовых технологий для переработки органических отходов // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 17. – С. 191–196.

ВЛИЯНИЕ НОРМ ВЫСЕВА И БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УРОЖАЙНОСТИ И ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО РЕГИОНА БЕЛАРУСИ

О. А. ХИТРЮК, В. Г. ТАРАНУХО

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: ksushka28-oksi@mail.ru

(Поступила в редакцию 10.07.2024)

В данной публикации представлен литературный обзор по экологической ценности растений сои. Приводятся данные по влиянию норм высева и бактериальных препаратов СояРиз и Сапронит на урожайность зерна и элементы ее структуры у различных по скороспелости сортов сои – Ясельда, Верас, Припять, Рось и Оресса при сплошном рядовом способе посева в условиях северо-восточного региона Беларуси. Результаты исследований позволили установить, что увеличение нормы высева семян от 0,4 до 1,2 млн/га имело обратную корреляционную связь с величиной элементов структуры урожайности сортов сои и сопровождалось снижением индивидуальной продуктивности растений. Анализ полученных данных показал, что инокуляция семян бактериальными препаратами СояРиз и Сапронит способствовала увеличению количества бобов и семян по вариантам опыта на 8–29 % и 4–20 %, соответственно. Совместное влияние норм высева и бактериальных препаратов оказывало значительное влияние на формирование зерновой продуктивности всех изучаемых сортов. Было установлено, что в среднем за три года исследований для сортов Ясельда, Верас и Припять при сплошном рядовом способе посева с применением бактериальных препаратов СояРиз и Сапронит, оптимальными являются нормы высева 0,6–0,8 млн/га, где были получены наиболее высокие показатели зерновой продуктивности – 27,6–34,1 ц/га. Для сорта Оресса наиболее предпочтительными являлись нормы высева 0,8 и 1,0 млн/га, где урожайность составила 32,5 и 31,5 ц/га; 30,1 и 29,1 ц/га соответственно. У сорта Рось отмечено резко негативное отношение к увеличению плотности стеблестоя, и оптимальной для этого сорта являлась норма высева 0,6 млн/га, которая обеспечила максимальную урожайность зерна в среднем за три года с применением СояРиза – 32,0 ц/га, с Сапронитом – 31,4 ц/га. Выявлено, что применение предпосевной инокуляции семян улучшает симбиотическую азотфиксацию, что позволяет существенно повысить урожайность сои. При использовании инокулянта СояРиз на изучаемых сортах сои урожайность находилась в пределах 22,0–34,1 ц/га, с Сапронитом она составила 21,6–33,8 ц/га, в то время как на контрольных вариантах урожайность отмечалась на уровне 18,8–29,5 ц/га.

Ключевые слова: соя, сорт, нормы высева, инокуляция, структура урожайности, зерновая продуктивность.

This publication presents a literature review of the ecological value of soybean plants. The paper provides data on the effect of seeding rates and bacterial preparations SoyaRiz and Saprunit on grain yield and elements of its structure in soybean varieties of different maturity – Yaselda, Veras, Pripyat, Ros and Oressa with continuous row sowing in the conditions of the north-eastern region of Belarus. The research results allowed us to establish that an increase in the seeding rate from 0.4 to 1.2 million/ha had an inverse correlation with the value of elements of the yield structure of soybean varieties and was accompanied by a decrease in individual plant productivity. Analysis of the obtained data showed that seed inoculation with bacterial preparations SoyaRiz and Saprunit contributed to an increase in the number of beans and seeds in the experimental variants by 8–29 % and 4–20 %, respectively. The combined effect of seeding rates and bacterial preparations had a significant impact on the formation of grain productivity of all the studied varieties. It was found that on average over three years of research for the Yaselda, Veras and Pripyat varieties with continuous row sowing using the bacterial preparations SoyaRiz and Saprunit, the optimal seeding rates are 0.6–0.8 million/ha, where the highest grain productivity rates were obtained – 2.76–3.41 t/ha. For the Oressa variety, the most preferable seeding rates were 0.8 and 1.0 million/ha, where the yield was 3.25 and 3.15 t/ha; 3.01 and 2.91 t/ha, respectively. The Ros variety showed a sharply negative attitude to the increase in stem density, and the optimal seeding rate for this variety was 0.6 million/ha, which ensured the maximum grain yield on average over three years with the use of SoyaRiz – 3.20 t/ha, with Saprunit – 3.14 t/ha. It was found that the use of pre-sowing inoculation of seeds improves symbiotic nitrogen fixation, which allows to significantly increase the yield of soybeans. When using the inoculant SoyaRiz on the studied soybean varieties, the yield was in the range of 2.20–3.41 t/ha, with Saprunit it was 2.16–3.38 t/ha, while in the control variants the yield was at the level of 1.88–2.95 t/ha.

Key words: soybean, variety, seeding rates, inoculation, yield structure, grain productivity.

Введение

В современном земледелии необходимым элементом научно обоснованной системы удобрений является использование биологических препаратов. В настоящее время в Институте микробиологии НАН Беларуси создан целый спектр бактериальных препаратов, рекомендуемых для практического использования. Разработаны и запатентованы жидкие (на сапропелевой основе) и порошкообразные (на торфяной основе) препараты-инокулянты, прошедшие широкие производственные испытания в разных зонах Беларуси, такие как Ризоторфин, Ризофос, Сапронит, СояРиз, Фитостимифос и другие [1–2]. Важным аргументам в их пользу является полная безопасность для человека и окружающей среды, исключение экологического риска и возможность ограничения доз минеральных удобрений и ядохимикатов [3–6].

Разработка микробиологических способов повышения эффективности аграрного производства является важнейшей экономической и социальной задачей для Республики Беларусь, обладающей ограниченными энергетическими и сырьевыми ресурсами. Актуальным является предпосевная обработка специфическими клубеньковыми бактериями семян не автохтонных бобовых культур, в частности сои, так как ее характерной особенностью, как и других зернобобовых, является способность растений фиксировать азот воздуха при помощи клубеньковых бактерий. Этот агроприем способствует экологизации земледелия и более эффективному возделыванию этой ценной культуры. Инокуляция семян ризобияльными микроорганизмами позволяет отказаться от применения минеральных азотных удобрений или минимизировать их использование и способствует формированию симбиотического азотфиксирующего аппарата, то есть увеличивается процент биологического азота и в целом улучшается снабжение культуры этим элементом питания, что положительно действует на интенсивность ростовых процессов [7–10].

Целью наших исследований было изучение влияния норм высева и бактериальных препаратов на формирование структуры урожайности и зерновой продуктивности сортов сои различных групп спелости при сплошном рядовом способе посева в условиях северо-восточного региона Беларуси.

Основная часть

Исследования проводились в 2012–2014 гг. на опытном поле кафедры селекции и генетики УНЦ «Опытные поля БГСХА» Горецкого района Могилевской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, подстилаемая с глубины 1,0 м лессовидным суглинком. Объектами исследований были сорта сои белорусской селекции – Ясельда, Верас, Припять, Рось и Оресса. Опытные делянки размещались систематическим методом в четырехкратной повторности. Подготовка почвы, посев и уход за растениями сои проводились в соответствии с общепринятой агротехникой возделывания культуры.

В схеме опыта рассматривалось пять вариантов норм высева семян – 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 миллиона всхожих семян на 1 га и изучалось влияние бактериальных препаратов СояРиз и Сапронит. В качестве контроля были варианты без обработки семян.

СояРиз (жидкая форма) – биопрепарат на основе азотфиксирующих микроорганизмов *Bradyrhizobium japonicum*. Содержание жизнеспособных клеток штамма – $2-2,5 \times 10^{10}$ КОЕ/мл. Биопрепарат представляет собой сыпучую увлажненную однородную торфяную массу темного цвета с высокой степенью разложения торфа (30–35 %), pH 6,8, влажность 42 %; 1 га порции (200 г) содержится *Bradyrhizobium japonicum* 84 KL $1,2 \times 10^9$ КОЕ/г. Биоудобрение СояРиз не обладает существенными вирулентными, токсигенными и раздражающими свойствами.

Сапронит (жидкая форма) – биопрепарат на основе азотфиксирующих микроорганизмов *Bradyrhizobium japonicum*. Содержание жизнеспособных клеток штамма – $3-6 \times 10^{10}$ КОЕ/мл. Препарат симбиотических клубеньковых бактерий, субстратом-носителем которого является органический сапропель. Штамм клубеньковых бактерий имеет повышенную способность к синтезу ауксина.

Проводили инокуляцию семян перед посевом СояРизом в дозе 2 мл культуральной жидкости на 100 грамм семян сои и в такой же дозе обрабатывали семена Сапронитом. Обработка семян бактериальными удобрениями проводилась непосредственно в день посева, в помещении, без доступа открытых солнечных лучей, которые подавляют клубеньковые бактерии.

Фенологические наблюдения по фазам роста и развития растений, все учеты и анализы осуществлялись согласно соответствующим методикам государственного испытания в Республике Беларусь. Уборка делянок растений сои проводилась вручную путем сбора и обмолота бобов с последующей сортировкой, сушкой, взвешиванием семян и определением урожайности. Данные по урожайности зерна сортов сои подвергались математической обработке методом дисперсионного анализа.

Одним из факторов, влияющих на растения в годы исследований, были метеорологические условия. Погода (температурный режим и количество осадков) характеризовалась существенной неравномерностью выпадения осадков и колебанием среднесуточной температуры воздуха в течение вегетационного периода культуры и имела существенное влияние на растения в годы исследований. Более благоприятным для возделывания сои был 2014 год, менее благоприятными – 2012 и 2013 гг.

Исследованиями установлено, что наиболее высокая полевая всхожесть наблюдалась у сортов Ясельда, Верас, Припять и Оресса, которая составила в среднем по годам 70–89 %, общая выживаемость находилась на уровне – 58–78 % (табл. 1). У сорта Рось полевая всхожесть была ниже по сравнению с другими изучаемыми сортами за три года исследований и составила 58–68 %, а общая выживаемость составила 45–50 %, или 19–56 растений на м². Сохраняемость растений за три года исследований составила по вариантам опыта 73–88 %.

Таблица 1. Структура урожайности сои в зависимости от норм высева и бактериальных препаратов (в среднем за 2012–2014 годы)

Норма высева, млн/га	Количество растений к уборке, шт./м ²			Количество бобов на 1 растении, шт.			Количество семян на 1 растении, шт.			Количество семян в бобе, шт.			Масса 1000 семян, г		
	К	С-Р	С	К	С-Р	С	К	С-Р	С	К	С-Р	С	К	С-Р	С
Ясельда															
0,4	24	24	24	26,6	30,7	30,0	58,0	63,4	62,8	2,2	2,1	2,1	146,2	148,4	148,3
0,6	39	41	40	21,2	24,0	23,2	45,0	49,4	48,5	2,1	2,1	2,1	144,6	147,4	146,4
0,8	60	62	60	14,6	17,5	17,8	31,0	35,4	35,4	2,1	2,0	2,0	139,8	143,0	142,8
1,0	71	70	69	11,6	14,3	13,8	24,0	28,5	27,2	2,1	2,0	2,0	138,1	140,0	140,8
1,2	83	84	83	8,9	10,5	10,3	18,2	20,7	20,5	2,0	2,0	2,0	135,2	136,9	137,6
Верас															
0,4	25	24	23	28,4	32,3	32,2	69,8	79,3	79,3	2,5	2,5	2,5	127,3	131,3	131,1
0,6	39	40	39	22,4	25,0	25,1	55,9	61,9	61,8	2,5	2,5	2,5	126,2	129,8	129,0
0,8	54	55	54	17,6	19,6	19,9	43,8	48,1	49,0	2,5	2,5	2,5	125,2	128,1	127,0
1,0	66	66	65	13,8	15,7	15,4	32,6	37,0	36,2	2,4	2,4	2,4	122,8	125,7	125,3
1,2	79	80	79	10,7	12,6	11,7	25,0	28,4	27,7	2,3	2,3	2,4	120,0	122,8	122,3
Припять															
0,4	23	23	23	28,4	31,2	30,7	59,8	67,9	66,1	2,1	2,2	2,2	156,4	160,9	159,8
0,6	35	37	36	24,0	26,3	26,2	52,1	56,9	56,4	2,2	2,2	2,2	154,8	157,5	157,4
0,8	51	52	51	18,4	21,1	20,9	39,3	43,3	44,2	2,1	2,1	2,1	150,7	153,6	153,5
1,0	60	61	61	14,7	17,0	16,4	30,7	34,2	33,7	2,1	2,0	2,1	149,1	150,9	151,1
1,2	73	71	71	12,5	13,9	13,5	25,0	27,8	27,2	2,0	2,0	2,0	146,5	148,1	148,3
Рось															
0,4	20	20	19	29,5	33,6	33,4	60,9	68,5	68,5	2,1	2,0	2,1	191,5	194,5	195,2
0,6	28	29	29	25,5	28,5	28,0	54,5	57,7	56,6	2,1	2,0	2,0	189,7	192,3	193,2
0,8	38	39	38	17,3	21,2	21,1	36,6	41,4	41,2	2,1	2,0	2,0	187,0	189,9	190,0
1,0	45	46	46	12,9	15,9	15,3	26,9	31,6	30,1	2,1	2,0	2,0	185,3	188,9	188,8
1,2	56	56	56	8,9	11,5	10,8	18,7	22,5	21,3	2,1	2,0	2,0	182,6	185,7	186,1
Оресса															
0,4	27	27	27	26,1	29,2	28,7	58,0	64,2	62,0	2,2	2,2	2,2	141,5	144,6	145,1
0,6	43	44	44	19,7	22,8	21,5	41,4	48,0	45,8	2,1	2,1	2,1	138,8	142,2	142,1
0,8	58	59	60	16,0	19,1	18,1	34,4	39,8	37,8	2,2	2,1	2,1	137,0	139,7	140,0
1,0	74	74	74	12,5	14,9	14,6	26,1	29,9	29,0	2,1	2,0	2,0	135,5	137,6	137,5
1,2	86	83	84	10,2	12,2	11,7	21,0	24,1	23,2	2,1	2,0	2,0	132,6	135,0	135,0

* К – контроль (без обработки); С-Р – СояРиз; С – Сапронит.

Влияние густоты стояния растений на плодообразующую способность отражали такие показатели, как количество бобов и семян на 1 растении, а также масса 1000 семян, которые в значительной степени зависели от нормы высева семян и для всех изучаемых сортов имели обратную корреляционную связь; увеличение нормы высева семян сопровождалось снижением индивидуальной продуктивности растений. При сравнении вариантов, где проводилась инокуляция семян препаратами СояРиз и Сапронит наблюдалось увеличение всех показателей индивидуальной продуктивности по отношению к вариантам без обработки.

При предпосевной обработке бактериальными препаратами СояРиз и Сапронит в среднем за три года исследований количество бобов по вариантам опыта увеличилось на 8–29 %, а количество семян на 4–20 %. Рекордсменом по количеству семян на одном растении являлся сорт Верас, где насчитывалось семян по вариантам опыта при обработке бактериальными препаратами от 27,7 до 79,3 шт., в то же время, как у сорта Ясельда 20,5–63,4 шт.

Количество семян в бобе в большей степени зависело от сорта и колебалось от 2,0 до 2,5 штук. Наиболее озерненными были бобы у сорта Верас, где этот показатель, в среднем по годам исследований, составил 2,3–2,5 семени в каждом бобе. У сортов Ясельда, Припять, Рось и Оресса семян насчитывалось в каждом бобе от 2,0 до 2,2 штук.

При анализе данных по массе 1000 семян у всех изучаемых сортов наблюдалась тенденция к некоторому снижению этого показателя по мере увеличения нормы высева. При инокуляции семян масса 1000 семян увеличилась на 1–3 % по отношению к контрольным вариантам, т.е. существенного влияния применение СояРиза и Сапронита не оказало.

По крупности зерна наиболее выгодно отличался сорт Рось, у которого масса 1000 семян по вариантам опыта, в среднем за три года, находилась в пределах 182,6–191,5 грамм на контроле, а при обработке бактериальными препаратами составила 185,7–195,2 г. В свою очередь наиболее мелкосемянным был сорт Верас, у которого величина этого показателя колебалась от 127,3 грамм при норме высева 0,4 млн/га до 120,0 грамм при максимальной норме высева 1,2 млн/га на контрольных вариан-

тах и 131,3–122,3 г у инокулированных семян. Масса семян с одного растения увеличилась на 7–23 % при инокуляции с СояРизом, а с Сапронитом на 6–17 % по отношению к контрольным вариантам.

Нормы высева и бактериальные препараты оказали существенное влияние и на урожайность сои, а чем свидетельствуют данные табл. 2.

Таблица 2. Урожайность сои в зависимости от норм высева и бактериальных препаратов

Норма высева, млн/га	2012 год			2013 год			2014 год			Среднее по годам		
	К	С-Р	С	К	С-Р	С	К	С-Р	С	К	С-Р	С
Ясельда												
0,4	18,2	20,5	21,1	16,3	18,2	17,5	25,1	27,3	26,3	19,9	22,0	21,6
0,6	23,2	27,0	26,4	21,0	25,8	23,6	28,2	33,9	32,8	24,1	28,9	27,6
0,8	23,3	28,2	28,6	23,4	27,0	25,6	30,4	36,8	35,0	25,7	30,7	29,7
1,0	22,2	25,6	25,6	20,2	24,6	22,4	27,4	32,8	30,8	23,3	27,7	26,3
1,2	20,4	22,9	23,6	17,9	22,5	21,1	22,5	25,5	25,1	20,3	23,6	23,3
НСР _{0,05}	2,37			2,14			1,90			–		
НСР _{0,05} фактор А	1,06			0,96			0,85			–		
НСР _{0,05} фактор Б	1,37			1,24			1,10			–		
Верас												
0,4	21,8	23,3	24,0	17,5	19,8	18,4	25,5	30,4	28,9	21,6	24,5	23,8
0,6	22,1	30,2	31,4	23,9	26,8	25,3	33,8	37,2	35,3	26,6	31,4	30,7
0,8	25,1	32,7	33,5	26,7	29,3	28,8	35,2	38,3	37,4	29,0	33,4	33,2
1,0	30,4	29,6	30,7	20,0	25,8	24,2	28,7	35,6	33,4	26,4	30,3	29,4
1,2	26,3	28,1	27,6	18,7	23,6	22,1	26,0	31,6	30,6	23,7	27,8	26,8
НСР _{0,05}	1,93			1,74			1,37			–		
НСР _{0,05} фактор А	0,86			0,78			0,61			–		
НСР _{0,05} фактор Б	1,11			1,01			0,79			–		
Припять												
0,4	20,3	25,2	24,0	17,3	18,5	19,1	26,0	30,3	29,5	21,2	24,7	24,2
0,6	24,4	31,8	31,3	25,7	28,0	27,7	33,8	37,3	36,1	28,0	32,4	31,7
0,8	25,6	34,3	33,8	27,6	29,4	29,7	35,3	38,6	38,0	29,5	34,1	33,8
1,0	28,1	29,8	30,7	23,0	27,0	26,3	30,7	36,1	35,1	27,3	31,0	30,7
1,2	30,6	28,6	29,3	20,7	24,2	23,8	28,1	33,7	32,0	26,5	28,8	28,4
НСР _{0,05}	2,14			1,78			1,61			–		
НСР _{0,05} фактор А	0,96			0,80			0,72			–		
НСР _{0,05} фактор Б	1,24			1,03			0,93			–		
Рось												
0,4	21,9	25,0	24,4	19,6	21,6	20,8	27,2	32,3	30,9	22,9	26,3	25,4
0,6	29,3	32,4	31,8	23,0	26,8	25,2	33,9	36,9	37,3	28,7	32,0	31,4
0,8	22,7	27,8	27,3	21,0	25,2	23,0	31,3	35,4	36,1	25,0	29,5	28,8
1,0	20,3	25,6	24,0	17,0	22,2	21,8	28,9	32,9	31,7	22,1	26,9	25,8
1,2	17,8	22,7	21,8	15,3	19,6	17,9	23,4	26,4	25,9	18,8	22,9	21,9
НСР _{0,05}	2,34			1,97			2,04			–		
НСР _{0,05} фактор А	1,05			0,88			0,91			–		
НСР _{0,05} фактор Б	1,35			1,14			1,18			–		
Оресса												
0,4	20,8	22,3	23,1	18,6	20,9	19,8	25,0	29,8	28,8	21,5	24,3	23,9
0,6	22,3	28,5	27,6	21,7	24,1	23,4	28,3	36,0	34,5	24,1	29,5	28,5
0,8	24,3	31,3	30,2	24,4	28,4	27,6	32,2	37,9	36,6	27,0	32,5	31,5
1,0	24,6	30,3	28,3	23,2	27,1	25,9	30,0	32,8	33,1	25,9	30,1	29,1
1,2	26,4	27,9	27,2	19,9	23,8	22,7	24,8	28,9	27,8	23,7	26,9	25,9
НСР _{0,05}	1,90			1,97			1,61			–		
НСР _{0,05} фактор А	0,85			0,88			0,72			–		
НСР _{0,05} фактор Б	1,10			1,14			0,93			–		

* К – контроль (без обработки); С-Р – СояРиз; С – Сапронит; фактор А – нормы высева; фактор Б – бактериальные препараты.

За три года исследований при оценке урожайности по фактору А (нормы высева) было установлено, что у сортов Ясельда, Верас, Припять и Оресса наиболее низкие показатели урожайности наблюдались при минимальных и максимальных нормах высева 0,4 и 1,2 миллиона всхожих семян – 19,9–24,7 ц/га и 20,3–28,8 ц/га соответственно. В свою очередь, максимальная урожайность у данных сортов была отмечена при норме высева 0,8 млн/га которая находилась на уровне 25,7–34,1 ц/га. Наиболее продуктивные посевы у среднераннего сорта Рось сформировались на делянках с нормой высева 0,6 млн/га и в среднем за три года исследований урожайность составила 28,7–32,0 ц/га.

Оценка урожайности по фактору Б (бактериальные препараты) показала что, при инокуляции бактериальными препаратами СояРиз и Сапронит урожайность достоверно превышала по всем вариантам опыта по отношению к контрольным вариантам. Наиболее высокая урожайность сои отмечена при обработке семян бактериальным препаратом СояРиз 22,0–34,1 ц/га, а при инокуляции семян Сапронитом она составила 21,6–33,8 ц/га, в то время как на контрольных вариантах урожайность находилась на уровне 18,8–29,5 ц/га.

По совокупному действию фактора А и фактора Б наблюдалась следующая тенденция. У позднеспелого сорта Ясельда за три года исследований, урожайность на вариантах с применением СояРиза и Сапронита при нормах высева от 0,6 до 1,2 млн/га достоверно превышала контроль и максимальной была при норме высева 0,8 млн/га, где составила в среднем за три года исследований 30,7 и 29,7 ц/га.

За все годы исследований у раннеспелого сорта Верас, только при норме высева 0,8 млн/га с применением изучаемых бактериальных препаратов увеличение урожайности было существенным и составило в среднем по годам 33,4 и 33,2 ц/га, что на 4,4 и 4,2 ц/га достоверно превышало контрольный вариант с урожайностью 29,0 ц/га.

Раннеспелый сорт Припять был наиболее урожайным по сравнению с остальными сортами и сформировал наиболее высокую зерновую продуктивность в среднем за годы исследований при нормах высева 0,6 и 0,8 млн/га, где урожайность составила с применением СояРиза – 32,4 и 34,1 ц/га, с Сапронитом – 31,7 и 33,8 ц/га соответственно, что на 4,4 и 4,6 ц/га (СояРиз), 3,7 и 4,3 ц/га (Сапронит) достоверно превышала контрольные варианты.

У среднераннего сорта Рось при нормах высева 0,6–1,2 млн/га во все годы исследований были получены существенные прибавки по отношению к контрольным вариантам. Урожайность была максимальной на вариантах с нормой высева 0,6 млн/га, где в среднем за три года составила 32,0 и 31,4 ц/га с применением СояРиза и Сапронита.

В среднем за годы исследований наиболее высокую зерновую продуктивность при инокуляции бактериальными препаратами среднеранний сорт Оресса обеспечил при нормах высева 0,8 и 1,0 млн/га, где были отмечены по отношению к контрольным вариантам с урожайностью 27,0 и 25,9 ц/га достоверные прибавки – 5,5 и 4,5 ц/га; 4,2 и 3,2 ц/га соответственно.

Заключение

На основании общей оценки изучаемых сортов сои за 2012–2014 годы следует отметить, что инокуляция семян является важным приемом при посеве и положительно влияет на основные показатели индивидуальной продуктивности и урожайность. Проведенные исследования и их результаты свидетельствуют о том, что при совместном влиянии густоты стеблестоя растений и бактериальных препаратов при сплошном рядовом способе посева в условиях северо-восточного региона Беларуси наиболее оптимальными являются нормы высева – 0,6–0,8 млн/га для сортов Ясельда, Верас, Припять, для сорта Оресса – 0,8–1,0 млн/га, для сорта Рось – 0,6 млн/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш и др. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
2. Бактериальные препараты в ресурсосберегающих технологиях применения удобрений / В. Н. Босак и др. // Матер. междунаrod. науч.-тех. конф «Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии», 24–26 ноября 2010. – Минск: БГТУ, 2010. – Ч.1. – С. 186–188.
3. Давыденко О. Г. Своя соя ближе к успеху // Рэспубліка. – 2008. – 2 дек. – С. 2–3.
4. Лапа В. В., Босак В. Н. Применение удобрений и качество урожая; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
5. С. Соя: качество, использование, производство / В. С. Петибская и др. – М., 2001. – 64 с.
6. Тарануха В. Г., Левкина О. В. Соя в Республике Беларусь – реальность и перспективы // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – № 4 – С. 15–18.
7. Применение diaзотрофных и фосфатмобилизующих бактериальных препаратов при возделывании основных сельскохозяйственных культур / Т. Ф. Персикова и др. – Горки: БГСХА, 2003. – 28 с.
8. Применение удобрений при возделывании сои: научная разработка / В. Н. Босак и др. – Минск: БГТУ, 2011. – 24 с.
9. Тарануха В. Г. Соя: пособие. – Горки: БГСХА, 2011. – 51 с.
10. Азотфиксирующие и фосфатмобилизующие бактерии для стимуляции роста сельскохозяйственных культур / З. М. Алещенкова и др. // Вестник Башкирского университета. – 2015. – № 1. – С. 82–86.

ОЦЕНКА АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ЛУЧШИХ ГЕТЕРОЗИСНЫХ ГИБРИДОВ ТОМАТА ЧЕРРИ

А. Г. ХМАРСКИЙ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: sasha.loki.97@gmail.com

(Поступила в редакцию 15.07.2024)

В условиях производства особую ценность имеют сорта и гибриды, стабильные по урожайности и пригодные для возделывания в различных почвенно-климатических зонах. Новые создаваемые селекционерами сорта должны характеризоваться наибольшей урожайностью в благоприятных условиях и при этом формировать стабильный урожай в иных условиях, т.е. быть высоко адаптивными. Создание генотипов с высокой урожайностью и экологической стабильностью при действии неблагоприятных факторов среды является неотъемлемой частью гетерозисной селекции. Оценка сортов и гибридов F_1 в различных условиях среды дает возможность выбора форм с более широкими приспособительными свойствами. Выявлены стабильные и пластичные гибридные комбинации, существенно превосходящие стандарт Миноприо F_1 по следующим признакам: ранняя урожайность – Линия 19/1-1 x Линия 025, Линия 19/2-1 x Линия 09, Линия 19/2-1 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь; товарная урожайность – Линия 19/1-1 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Линия 020 Линия 19/2-3 x Линия 020 Линия 19/2-3 x Линия 025, Линия 19/8-3 x Линия 046, Линия 19/1-1 x Виноградная гроздь, Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь; масса товарного плода – Линия 19/1-1 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Линия 09, Линия 19/2-3 x Линия 020, Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь. Три гибридные комбинации переданы в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» под названиями Бася F_1 , Сорс F_1 , Редлорд F_1 .

Ключевые слова: томат черри, гибрид, защищенный грунт, эффект ОКС, варианта СКС, линия.

In production conditions, varieties and hybrids with stable yields and suitable for cultivation in various soil and climatic zones are of particular value. New varieties created by breeders should be characterized by the highest yields in favorable conditions and at the same time form a stable yield in other conditions, i.e. be highly adaptive. The creation of genotypes with high yields and environmental stability under the influence of unfavorable environmental factors is an integral part of heterotic selection. Evaluation of varieties and F_1 hybrids in various environmental conditions makes it possible to select forms with broader adaptive properties. Stable and flexible hybrid combinations have been identified that significantly exceed the Minoprio F_1 standard in the following characteristics: early yield – Line 19 / 1-1 x Line 025, Line 19 / 2-1 x Line 09, Line 19 / 2-1 x Line 049, Line 19 / 2-1 x Grape Bunch; marketable yield – Line 19/1-1 x Line 049, Line 19/2-1 x Line 020, Line 19/2-3 x Line 020, Line 19/2-3 x Line 025, Line 19/8-3 x Line 046, Line 19/1-1 x Grape bunch, Line 19/2-1 x Grape bunch; marketable fruit weight – Line 19/1-1 x Line 049, Line 19/2-1 x Line 09, Line 19/2-3 x Line 020, Line 19/2-1 x Grape bunch. Three hybrid combinations were transferred to the State Inspectorate for Testing and Protection of Plant Varieties under the names Basya F_1 , Source F_1 , Redlord F_1 .

Key words: cherry tomato, hybrid, protected ground, general combination ability effect, specific combination ability variance, line.

Введение

Особое значение для сельскохозяйственного производства имеют сорта и гибриды со стабильной урожайностью, пригодные для выращивания в различных почвенно-климатических условиях. Поэтому важной задачей селекционеров является не только повышение продуктивности растений, но и сочетание ее с устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам. Новые сорта должны характеризоваться высочайшей урожайностью в благоприятных условиях и в то же время формировать стабильную урожайность в других условиях.

Авторы, изучавшие стабильность и пластичность в разное время, по-разному интерпретировали эти понятия. Например, S. A. Eberhart, W. A. Russel, G. C. C. Tai рассматривали экологическую пластичность генотипа как его способность адекватно реагировать на изменение условий выращивания [1, 2]; В. З. Пакудин и Л. М. Лопатина считали высокую урожайность при различных почвенно-климатических условиях. Они утверждали, что способность генотипа формироваться и реагировать на улучшенные технологии выращивания – это экологическая пластичность сорта [3].

В агрономическом понимании экологически устойчивые сорта – это те, которые формируют стабильные урожаи, не слишком высокие в благоприятных или неблагоприятных условиях. С этой точки зрения интенсивные сорта с высоким генетическим потенциалом продуктивности должны выращиваться в более благоприятных условиях. В сложных почвенно-климатических условиях следует выращивать более пластичные сорта с высокой адаптивностью [4, 5].

А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева предложили понимать под экологической стабильностью способность генотипа поддерживать определенный фенотип в различных условиях среды, а под пластичностью – реакцию генотипа на изменения условий среды, проявляющуюся в фенотипической изменчивости. Стабильность и пластичность признака являются двумя противоположными сторонами модификационной изменчивости генотипа. При этом стабильность в проявлении одного признака может сочетаться с пластичностью в проявлении другого [6, 7, 8].

Авторами разработан метод статистического анализа, основанный на испытании генотипов в различных средах, и позволяющий выявлять общую адаптивную способность (ОАС_{gi}), относительную стабильность генотипов (S_{gi}), реакцию генотипа на среду (b_i), селекционную ценность генотипа (СЦГ) и вести отбор по адаптивной способности в зависимости от поставленной селекционной задачи [6].

При ведении селекционного процесса по созданию гетерозисных гибридов томата, важным является получение генотипов с высокой урожайностью и экологической стабильностью при воздействии на них различных средовых факторов. Проведение оценки позволяет выявить образцы, обладающие наибольшим адаптивным потенциалом.

Целью исследований является оценка экологической стабильности образцов по наиболее важным селекционным признакам, установление взаимосвязи изучаемых признаков; выделение гибридов, сочетающие высокую продуктивность и экологическую стабильность.

Основная часть

Научно-исследовательская работа проводилась в 2021–2023 гг. в защищенном грунте (поликарбонатной теплице) на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА.

В качестве материнских форм в схеме гибридизации использовались индетерминантные линии, несущие гены функциональной мужской стерильности (ФМС), маркерный признак картофельный лист (с), с массой плода 20-50 граммов. В качестве отцовского компонента использовались линии, несущие аллели генов качества, лежкости плодов, устойчивости к болезням и вредителям – 09 (*I2C; Mil.2; Tm2²; cf4A, cf5, cf9*), 020 (*nor; I2; Mil.2; cf5; cf4; cf9*), 046 (*u; I2; Mil.2; cf4A; cf9*), 049 (*u; I2C; Tm2²; cf4A; cf9*) с массой товарного плода 8-15 граммов. Путем скрещивания были созданы гибридные комбинации по схеме топкросса 8x8.

Изучаемые гибриды F₁, а также стандарт Миноприо F₁ в трехкратной повторности (по три растения на делянке) для оценки хозяйственно полезных признаков. Схема посадки – 70x30 см. Доза внесения удобрений – N₆₀ (P₂O₅)₁₂₀(K₂O)₁₂₀.

Анализ параметров адаптивной способности и экологической стабильности производился по двухлетним данным испытания 32 лучших гетерозисных гибридов. Оценка адаптивной способности и экологической стабильности проводилась по методике А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой [9] с помощью программы ADIS. Изучали параметры адаптивной способности и экологической стабильности образцов по ранней, товарной, общей урожайности и массе плода.

Для установления существенности вкладов генотипов, сред и взаимодействия между ними в фенотипическую изменчивость признаков применяли однофакторный дисперсионный анализ, который позволил выявить достоверные различия между генотипами и средами по всем изучаемым признакам на 1 и 5 % уровнях значимости (табл. 1).

В фенотипическую изменчивость ранней, товарной и общей урожайности в большей степени вносят вклад средовые эффекты (средние квадраты сред превосходят средние квадраты генотипов), а массы плода – генотипические эффекты (средние квадраты генотипов преобладают над средними квадратами сред).

Таблица 1. Дисперсионный анализ изучаемых признаков гибридов F₁ томата черри

Компоненты дисперсии	Степени свободы	Средние квадраты			
		Ранняя урожайность, кг/м ²	Товарная урожайность, кг/м ²	Общая урожайность, кг/м ²	Масса плода, г.
По средам (А)	1	**7,31592	**396,53027	**289,77344	**47,12500
По генотипам (В)	32	**0,86225	**5,46277	**7,74109	*66,10693
По взаимодействию (АВ)	32	**0,39108	**2,67896	**2,62775	**5,98130
Случайное	132	0,34514	3,34321	3,85791	5,61441

* – достоверно при P ≤ 0,05; ** – достоверно при P ≤ 0,01.

Ранняя урожайность у лучших генотипов в среднем колебалась от 0,56 до 2,10 кг/м² (табл. 2). Большинство гибридов характеризовалось достоверным превышением данного признака над стандартом Миноприо F₁. Также следует отметить комбинации с высокой ранней урожайностью: Линия 19/2-1 x Линия 09 (1,75 кг/м²), Линия 19/2-1 x Линия 049 (2,10 кг/м²), Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь (1,97 кг/м²).

По величине ранней урожайности и общей адаптивной способности выделены двадцать шесть гибридных комбинаций, десять из которых – стабильные формы (b_i = 0,30–0,93); шестнадцать – пластичные (b_i = 1,01–4,46) с положительной реакцией на улучшение условий среды. Пять образцов, обладающих высокой относительной стабильностью (Линия 19/2-1 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь, Линия 19/1-3 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Линия 049) обладали низкой селекционной ценностью генотипа.

Таблица 2. Параметры адаптивной способности и экологической стабильности гибридов F₁ томата черри по ранней урожайности

Образец	Показатели				
	Среднее значение генотипа (X _i), кг/м ²	OAC _{gi}	Относительная стабильность (S _{gi})	Коэффициент рег-рессии (b _i)	Селекционная ценность генотипа (СЦ _i)
Линия 19/1-1 x Линия 020	1,49	0,27	0,00	0,30	1,49
Линия 19/1-1 x Линия 025	1,65	0,43	12,22	1,15	1,08
Линия 19/1-1 x Линия 046	1,04	-0,18	0,00	-0,29	1,04
Линия 19/1-1 x Линия 049	1,55	0,03	23,57	-1,60	0,51
Линия 19/1-3 x Линия 020	0,57	-0,65	0,00	0,75	0,57
Линия 19/1-3 x Линия 025	0,95	-0,27	0,00	-0,10	0,95
Линия 19/1-3 x Линия 049	0,67	-0,55	58,96	-1,69	-0,44
Линия 19/1-4 x Линия 020	1,13	-0,09	20,60	1,23	0,47
Линия 19/1-4 x Линия 025	1,16	-0,06	0,00	0,46	1,16
Линия 19/1-4 x Линия 049	1,46	0,24	36,43	2,15	-0,05
Линия 19/2-1 x Линия 09	1,75	0,53	26,70	1,93	0,43
Линия 19/2-1 x Линия 020	0,74	-0,48	0,00	0,83	0,74
Линия 19/2-1 x Линия 025	1,48	0,26	28,89	1,80	0,27
Линия 19/2-1 x Линия 046	1,18	-0,04	36,62	1,81	-0,04
Линия 19/2-1 x Линия 049	2,10	0,88	52,80	4,18	-1,04
Линия 19/2-3 x Линия 018	1,40	0,18	15,23	1,18	0,79
Линия 19/2-3 x Линия 020	1,01	-0,21	0,00	0,44	1,01
Линия 19/2-3 x Линия 025	1,63	0,41	31,37	2,08	0,18
Линия 19/2-3 x Линия 046	1,45	0,23	40,43	2,33	-0,21
Линия 19/2-3 x Линия 049	1,45	0,23	14,93	1,19	0,84
Линия 19/8-3 x Линия 020	1,41	0,19	39,50	2,23	-0,17
Линия 19/8-3 x Линия 046	1,11	-0,11	19,22	1,18	0,50
Линия 19/8-3 x Линия 049	1,35	0,13	10,12	1,01	0,96
Линия 362 x Линия 020	0,81	-0,41	0,00	-0,69	0,81
Линия 362 x Линия 046	1,02	-0,20	0,00	-0,16	1,02
Линия 362 x Линия 049	1,14	-0,08	0,00	0,34	1,14
Линия 19/1-1 x Виноградная гроздь	0,86	-0,36	9,05	0,93	0,64
Линия 19/1-3 x Виноградная гроздь	1,00	-0,22	0,00	0,21	1,00
Линия 19/1-4 x Виноградная гроздь	0,56	-0,66	0,00	0,49	0,56
Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь	1,97	0,75	60,28	4,46	-1,39
Линия 19/2-3 x Виноградная гроздь	1,20	-0,02	46,12	2,21	0,36
Линия 19/8-3 x Виноградная гроздь	1,12	-0,10	0,00	0,70	1,12
Миноприо F ₁ (стандарт)	0,84	-0,38	0,00	-0,05	0,84

По товарной урожайности все гибридные комбинации превышали стандарт Миноприо F₁. на 2,16–4,79 кг/м² (табл. 3).

Таблица 3. Параметры адаптивной способности и экологической стабильности гибридов F₁ томата черри по товарной урожайности

Образец	Показатели				
	Среднее значение генотипа (X _i), кг/м ²	OAC _{gi}	Относительная стабильность (S _{gi})	Коэффициент рег-рессии (b _i)	Селекционная ценность генотипа (СЦ _i)
Линия 19/1-1 x Линия 020	7,89	0,01	20,68	0,90	4,24
Линия 19/1-1 x Линия 025	7,16	-0,72	17,96	0,74	4,29
Линия 19/1-1 x Линия 046	6,44	-1,44	0,00	0,27	6,44
Линия 19/1-1 x Линия 049	8,94	1,06	16,49	0,83	5,65
Линия 19/1-3 x Линия 020	7,86	-0,02	18,92	0,83	4,54
Линия 19/1-3 x Линия 025	6,06	-1,82	0,00	0,12	6,06
Линия 19/1-3 x Линия 049	7,98	0,10	16,71	0,76	5,00
Линия 19/1-4 x Линия 020	8,31	0,43	23,51	1,04	3,94
Линия 19/1-4 x Линия 025	7,89	0,01	24,15	1,02	3,63
Линия 19/1-4 x Линия 049	8,04	0,16	42,10	1,73	0,48
Линия 19/2-1 x Линия 09	7,92	0,05	41,36	1,38	0,60
Линия 19/2-1 x Линия 020	8,53	0,65	37,89	1,66	1,31
Линия 19/2-1 x Линия 025	7,90	0,00	29,79	1,23	2,63
Линия 19/2-1 x Линия 046	7,56	-0,31	34,52	1,36	1,73
Линия 19/2-1 x Линия 049	7,83	-0,05	21,49	0,92	4,07
Линия 19/2-3 x Линия 018	8,07	0,19	22,47	0,98	4,02
Линия 19/2-3 x Линия 020	8,98	1,11	37,82	1,74	1,39
Линия 19/2-3 x Линия 025	9,50	1,63	21,79	1,10	8,88
Линия 19/2-3 x Линия 046	8,03	0,02	30,57	1,28	2,55
Линия 19/2-3 x Линия 049	8,16	0,28	18,98	0,86	4,70
Линия 19/8-3 x Линия 020	7,51	-0,37	30,14	1,19	2,45
Линия 19/8-3 x Линия 046	8,71	0,84	37,65	1,68	1,38
Линия 19/8-3 x Линия 049	8,35	0,48	21,89	0,99	4,27
Линия 362 x Линия 020	8,34	0,47	0,00	0,06	8,34
Линия 362 x Линия 046	6,68	-1,19	8,96	0,48	5,35
Линия 362 x Линия 049	6,50	-1,38	0,00	0,25	6,50
Линия 19/1-1 x Виноградная гроздь	8,53	0,65	20,30	0,94	4,66
Линия 19/1-3 x Виноградная гроздь	7,49	-0,39	22,78	0,93	3,68
Линия 19/1-4 x Виноградная гроздь	7,44	-0,43	14,78	0,66	4,99
Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь	10,05	2,18	32,39	1,67	2,78
Линия 19/2-3 x Виноградная гроздь	7,59	-0,28	27,80	1,12	2,88
Линия 19/8-3 x Виноградная гроздь	8,46	0,58	34,91	1,52	1,86
Миноприо F ₁ (стандарт)	5,26	-2,62	9,73	0,45	4,12

Гибриды Линия 19/1-1 x Виноградная гроздь, Линия 19/1-4 x Виноградная гроздь Линия 19/1-1 x Линия 049, Линия 19/1-1 x Линия 046, Линия 362 x Линия 020, Линия 19/2-3 x Линия 025 отличались высокой СЦГ (4,66–8,87). Пятнадцать комбинаций скрещивания ($b_i = 1,02-1,74$) были пластичными ($b_i \geq 1$), а остальные – стабильными ($b_i \leq 1$).

По общей урожайности значение признака изменялось от 7,06 до 11,78 кг/м² (табл. 4). Выделены гибриды Линия 19/1-1 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Линия 020, Линия 19/2-3 x Линия 020, Линия 19/2-3 x Линия 025, Линия 19/8-3 x Линия 046, Линия 19/1-1 x Виноградная гроздь, Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь с наибольшими значениями общей адаптивной способности как по товарной ($OAC_{gi} = 0,65-2,18$), так и по общей ($OAC_{gi} = 0,70-2,67$) урожайности.

Таблица 4. Параметры адаптивной способности и экологической стабильности гибридов F₁ томата черри по общей урожайности

Образец	Показатели				
	Среднее значение генотипа (X _i), г	OAC _{gi}	Относительная стабильность (S _{gi})	Коэффициент рег-рессии (b _i)	Селекционная ценность генотипа (СЦГ _i)
Линия 19/1-1 x Линия 020	9,03	-0,07	15,84	0,96	4,61
Линия 19/1-1 x Линия 025	8,32	-0,79	10,88	0,71	5,52
Линия 19/1-1 x Линия 046	7,62	-1,49	0,00	0,21	7,62
Линия 19/1-1 x Линия 049	9,81	0,70	16,57	1,06	4,78
Линия 19/1-3 x Линия 020	9,12	0,01	9,50	0,69	6,44
Линия 19/1-3 x Линия 025	7,06	-2,05	0,00	-0,17	7,06
Линия 19/1-3 x Линия 049	8,72	-0,38	11,68	0,76	5,57
Линия 19/1-4 x Линия 020	9,61	0,50	17,84	1,11	4,31
Линия 19/1-4 x Линия 025	8,71	-0,40	18,67	1,06	3,68
Линия 19/1-4 x Линия 049	8,71	-0,39	37,68	1,98	-1,44
Линия 19/2-1 x Линия 09	9,11	0,00	33,65	1,85	-0,37
Линия 19/2-1 x Линия 020	10,42	1,31	25,89	1,65	2,08
Линия 19/2-1 x Линия 025	9,02	-0,09	23,15	1,31	2,56
Линия 19/2-1 x Линия 046	9,14	0,03	24,71	1,40	2,16
Линия 19/2-1 x Линия 049	8,55	-0,56	19,93	1,10	3,28
Линия 19/2-3 x Линия 018	9,22	0,11	13,98	0,89	5,23
Линия 19/2-3 x Линия 020	10,51	1,40	32,36	2,04	-0,01
Линия 19/2-3 x Линия 025	10,67	1,57	14,96	1,04	5,37
Линия 19/2-3 x Линия 046	9,95	0,84	15,54	1,02	5,17
Линия 19/2-3 x Линия 049	9,08	-0,03	13,37	0,85	5,32
Линия 19/8-3 x Линия 020	8,76	-0,35	18,01	1,03	3,88
Линия 19/8-3 x Линия 046	10,92	1,82	16,00	1,12	5,52
Линия 19/8-3 x Линия 049	9,17	0,06	19,91	1,17	3,52
Линия 362 x Линия 020	9,56	0,45	0,00	-0,15	9,56
Линия 362 x Линия 046	8,36	-0,75	4,31	0,51	7,24
Линия 362 x Линия 049	7,28	-1,83	0,00	0,14	7,28
Линия 19/1-1 x Виноградная гроздь	10,02	0,91	17,91	1,15	4,47
Линия 19/1-3 x Виноградная гроздь	8,87	-0,23	17,28	1,01	4,13
Линия 19/1-4 x Виноградная гроздь	8,55	-0,56	5,20	0,54	7,18
Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь	11,78	2,67	23,99	1,72	3,04
Линия 19/2-3 x Виноградная гроздь	9,05	-0,06	14,43	0,90	5,01
Линия 19/8-3 x Виноградная гроздь	9,83	0,72	29,51	1,76	0,86
Миноприо F ₁ (стандарт)	6,03	-3,08	10,78	0,60	4,02

Среднее значение генотипа X_i по массе плода варьировало от 14,57 до 29,44 г (табл. 5) выше, чем у стандарта Миноприо F₁ (13,77 г). Это связано с тем, что донором при получении исходных гетерозисных форм служили отцовские мелкоплодные линии, а материнские более крупноплодные, так как наследование массы плода у гибридов промежуточное, то и гибриды имеют некрупные плоды. Большинство комбинаций обладали отрицательной OAC_{gi}. Следует отметить Линия Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь имела самую высокую Относительная стабильность (g_i – 20,29) но также обладала отрицательной селекционной генотипа СЦГ_i (-22,51) с высоким коэффициентом регрессии (b_i – 5,61) Средняя масса плода у томатов черри составляет 10–25г, коктейльных форм 25–35 г.

Таблица 5. Параметры адаптивной способности и экологической стабильности гибридов F₁ томата черри по массе плода

Образец	Показатели				
	Среднее значение генотипа (X _i), г	OAC _{gi}	Относительная стабильность (S _{gi})	Коэффициент регрессии (b _i)	Селекционная ценность генотипа (СЦГ _i)
Линия 19/1-1 x Линия 020	22,76	2,92	14,07	4,85	-12,26
Линия 19/1-1 x Линия 025	17,70	-2,13	0,00	1,05	17,70
Линия 19/1-1 x Линия 046	16,10	-3,74	0,00	0,20	16,10
Линия 19/1-1 x Линия 049	21,89	2,06	0,00	1,13	21,89
Линия 19/1-3 x Линия 020	22,92	3,09	0,00	-0,25	22,92
Линия 19/1-3 x Линия 025	18,97	-0,87	0,00	-0,14	18,97
Линия 19/1-3 x Линия 049	20,85	1,01	4,32	1,92	10,99
Линия 19/1-4 x Линия 020	19,41	-0,42	0,00	0,75	19,41
Линия 19/1-4 x Линия 025	22,95	3,12	11,50	4,07	-5,90
Линия 19/1-4 x Линия 049	19,63	-0,20	0,65	1,41	18,23
Линия 19/2-1 x Линия 09	20,64	0,81	3,14	1,69	13,55
Линия 19/2-1 x Линия 020	25,00	5,17	23,70	8,70	-39,79
Линия 19/2-1 x Линия 025	20,75	0,92	1,16	-1,44	18,11
Линия 19/2-1 x Линия 046	18,74	-1,09	0,00	0,01	18,74
Линия 19/2-1 x Линия 049	20,98	1,15	6,69	2,47	5,64
Линия 19/2-3 x Линия 018	21,33	1,50	12,60	4,14	-8,06
Линия 19/2-3 x Линия 020	26,92	7,09	5,03	-2,42	12,11
Линия 19/2-3 x Линия 025	29,44	9,61	9,79	4,40	-2,08
Линия 19/2-3 x Линия 046	18,07	-1,76	0,00	1,06	18,07
Линия 19/2-3 x Линия 049	21,96	2,13	0,00	-1,33	21,96
Линия 19/8-3 x Линия 020	19,63	-0,20	0,00	-0,09	19,63
Линия 19/8-3 x Линия 046	16,95	-2,88	0,00	-1,09	16,95
Линия 19/8-3 x Линия 049	18,59	-1,24	0,00	1,37	18,59
Линия 362 x Линия 020	19,18	0,65	6,86	2,37	4,78
Линия 362 x Линия 046	14,57	-5,26	9,14	-2,38	0,01
Линия 362 x Линия 049	17,54	-2,29	0,00	-0,57	17,54
Линия 19/1-1 x Виноградная гроздь	18,24	-1,59	8,19	-2,58	1,90
Линия 19/1-3 x Виноградная гроздь	17,79	-2,04	6,16	-2,12	5,81
Линия 19/1-4 x Виноградная гроздь	18,18	-1,65	1,38	-1,45	15,44
Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь	18,47	-1,36	20,29	5,61	-22,51
Линия 19/2-3 x Виноградная гроздь	19,72	-0,11	6,21	2,26	6,33
Линия 19/8-3 x Виноградная гроздь	14,77	-5,06	0,00	0,74	14,77
Миноприо F ₁ (стандарт)	13,77	-6,06	0,00	-1,35	13,77

Гибридные комбинации Линия 19/2-1 x Линия 020, Линия 19/2-3 x Линия 025 характеризовались высокими показателями общей адаптивной способности (5,17–9,61), отрицательной селекционной ценностью генотипа (от -39,79 до -2,08) и являлись пластичными формами с коэффициентом регрессии от 4,40 до 8,70, т. е. масса плода у них увеличивалась при улучшении условий выращивания. Однако, учитывая результаты дисперсионного анализа изучаемых признаков, у большинства образцов фенотипическое проявление массы плода в большей степени зависит не от среды, а от генотипа.

Заключение

В ходе проведенных исследований установлено, что на фенотипическую изменчивость ранней, товарной и общей урожайности в большей степени оказывает окружающая среда, а на массу плода – генотип.

По комплексу хозяйственно ценных признаков из 32 лучших гибридов выделены следующие гибридные комбинации: Линия 19/1-1 x Линия 049, Линия 19/2-1 x Линия 09, Линия 19/2-1 x Линия 020, Линия 19/2-1 x Линия 049, Линия 19/8-3 x Линия 046, Линия 362 x Линия 020, Линия 19/1-1 x Виноградная гроздь, Линия 19/2-1 x Виноградная гроздь, с ранней урожайностью 0,86–2,10 кг/м², товарной урожайностью 7,92–10,05 кг/м², средней массой товарного плода 16,95–21,89 г.

Для гибридов, Линия 19/1-1 x Линия 020, Линия 19/1-1 x Линия 049, Линия 362 x Линия 046, Линия 19/1-4 x Виноградная гроздь, Линия 19/1-1 x Виноградная гроздь характерно стабильное проявление признаков урожайности ($b_i \leq 1$).

Три гибридные комбинации, обладающие экологической стабильностью и высокими хозяйственно ценными признаками переданы в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» под названиями Бася F₁, Сорс F₁, Редлорд F₁.

ЛИТЕРАТУРА

1. Eberhart, S. A. Stability parameters for comparing varieties / S. A. Eberhart, W. A. Russell // *Crop Science*. – 1966. – Vol. 6, № 1. – P. 36–40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>.
2. Tai, G. C. C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials / G. C. C. Tai // *Crop Science*. – 1971. – Vol. 11, № 2. – P. 184–190. <https://doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183x0011000200>.
3. Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // *С.-х. биология*. – 1984. – № 4. – P. 109–113.
4. Параметры адаптивности и стабильности гетерозисных гибридов томата (*Solanum Lycopersicum L.*) в грунтовых теплицах / И. Е. Баева, И. Г. Пугачева, М. М. Добродькин и др. // *Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук*. – 2021. – Т. 59. – № 3. С. 330–339 <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-3-330-339>.
5. Изучение экологической стабильности и адаптивной способности гетерозисных гибридов томата с повышенной лежкостью плодов в открытом грунте / А. М. Добродькин, Т. В. Никонович, М. М. Добродькин и др. // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии – Горки: БГСХА*, 2019. – № 3. – С. 128–132.
6. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Генотип и среда в селекции растений. – Минск: Наука и техника, 1989. – 191 с.
7. Изучение экологической стабильности и адаптивной способности гетерозисных гибридов томата с повышенной лежкостью плодов в защищенном грунте / А. В. Кильчевский, А. М. Добродькин, И. Г. Пугачева и др. // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии – Горки: БГСХА*, 2015. – № 2. – С. 45–49.
8. Узун И. В. Оценка экологической пластичности и стабильности гибридов томатов в условиях Приднестровья // В сборнике: *Актуальные вопросы развития идей В.В. Докучаева в XXI веке. Развитие аграрной науки на современном этапе. материалы Международной научно-практической конференции и Всероссийской школы молодых ученых и специалистов, посвященных 130-летию организации «Особой экспедиции Лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях южной России»*, в 2 частях. Москва, 2022. – т. 2. – С. 225–229.
9. Генетические основы селекции растений: в 4 т. / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Беларус. наука, 2020. – Т. 2: Частная генетика растений. – 663 с.

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПОНЕНТОВ СТРУКТУРНОЙ КЛЕТЧАТКИ ТРАВЯНЫХ КОНСЕРВИРОВАННЫХ КОРМОВ

М. А. ПАСТУХОВА, З. А. ЗАЙЦЕВА

Государственное научное учреждение «Полесский аграрно-экологический институт
Национальной академии наук Беларуси»,
г. Брест, Республика Беларусь, 224030, e-mail: pastukhova.marina@inbox.ru

Б. В. ШЕЛЮТО

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

(Поступила в редакцию 23.08.2024)

В статье представлены данные статистического анализа качественных показателей травяных кормов, заготовленных предприятиями АПК Брестской области в 2021–2024 гг. Установлены достоверные математические модели зависимости НДК от СК и КДК в силосе кукурузном. Коэффициенты детерминации в отношении зависимости НДК от СК составляет 0,88, ошибка аппроксимации относительно данных, получаемых спектральным БИК-анализом (спектральный анализ в ближней инфракрасной области) составляет 14,7 г или 3 %. Модель может быть использована при СК исследуемого образца 149–414 г/кг СВ.

Коэффициенты детерминации в отношении зависимости НДК от КДК в кукурузном силосе составляет 0,92, ошибка аппроксимации – 11 г, или 2 %. Модель может быть использована, если КДК исследуемого образца находится в диапазоне значений 138–398 г/кг СВ.

Коэффициенты детерминации в отношении зависимости СК от НДК в кукурузном силосе составляет 0,87, ошибка аппроксимации 14 г, или 6 %. Модель может быть использована при значениях НДК исследуемого образца, находящихся в диапазоне 263–675 г/кг СВ.

Не установлена достоверная корреляционная зависимость НДК от СК и КДК в сенажах, приготовленных из злаково-бобовых и бобово-злаковых травосмесей. Установлено, что при создании математической модели зависимости показателей корма, ключевым фактором является однородность образцов по ботаническому составу. При формировании на 60 % меньшей выборки образцов, но состоящей из однородных по ботаническому составу кормов (сенаж из люцерны), коэффициент детерминации (R^2) незначительно уступает разнотравным сенажам (0,49 против 0,52) в отношении математической зависимости НДК от СК корма, и, в то же время, он выше в отношении зависимости НДК от КДК (0,43 против 0,42), и выше в отношении зависимости СК от НДК (0,56 против 0,52).

Ключевые слова: коэффициент детерминации, ошибка аппроксимации, НДК, КДК, СК, математическая модель зависимости.

The article presents the data of statistical analysis of quality indicators of grass forages harvested by agricultural enterprises of the Brest region in 2021–2024. Reliable mathematical models of the dependence of NDF on RF and ADF in corn silage have been established. The determination coefficient for the dependence of NDF on RF is 0.88, the approximation error relative to the data obtained by spectral NIR analysis (spectral analysis in the near infrared region) is 14.7 g or 3 %. The model can be used when the RF of the studied sample is 149–414 g/kg DM. The determination coefficient for the dependence of NDF on ADF in corn silage is 0.92, the approximation error is 11 g or 2 %. The model can be used if the ADF of the studied sample is in the range of 138–398 g/kg DM. The coefficients of determination for the dependence of RF on NDF in corn silage are 0.87, the approximation error is 14 g or 6%. The model can be used for NDF values of the studied sample in the range of 263–675 g/kg DM. No reliable correlation dependence of NDF on RF and ADF has been established in haylages prepared from cereal-legume and legume-cereal grass mixtures. It has been established that when creating a mathematical model of the dependence of feed indicators, the homogeneity of samples by botanical composition is a key factor. When forming a 60 % smaller sample set, but consisting of feeds homogeneous in botanical composition (alfalfa silage), the determination coefficient (R^2) is slightly inferior to mixed-grass silages (0.49 versus 0.52) in relation to the mathematical dependence of NDF on feed RF, and, at the same time, it is higher in relation to the dependence of NDF on ADF (0.43 versus 0.42), and higher in relation to the dependence of RF on NDF (0.56 versus 0.52).

Key words: determination coefficient, approximation error, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), raw fiber (RF), mathematical model of dependence.

Введение

По данным Национального статистического комитета (Белстат), в 2023 году сельхозпредприятия Беларуси произведено рекордное количество молока – 8140,7 тысяч тонн [1], что на 6 % превышает данный показатель 2022 года [2]. Благодаря высокой рентабельности молочное скотоводство является источником постоянных финансовых поступлений, в том числе экспортных [3]. В этой связи одним из приоритетных направлений в развитии молочного скотоводства, как ведущей отрасли животноводства республики, определена максимальная реализация потенциала продуктивности животных.

Первостепенным в решении поставленной государством задачи является создание прочной кормовой базы. При этом особое значение уделяется качеству кормов, так как это залог получения молока

высокого качества и сохранения здоровья животных [4]. О качестве корма судят по его питательности, включающей в себя ряд показателей, первичным среди которых является химический состав корма [5, 6]. Для его определения используют стандартные схемы проведения биохимических и зоотехнических анализов.

Практически во всех специализирующихся лабораториях Республики Беларусь по определению химического состава кормов для сельскохозяйственных животных используют систему зоотехнического анализа, разработанную в 1860 году немецкими учеными В. Геннербергом и Ф. Штоманом. Ее особенность заключается в том, что в результате проведения ряда анализов по данной схеме определяют содержание определенных групп веществ, содержащихся в кормах совместно с примесями. Такие вещества называют сырыми, или «неочищенными».

Одним из ключевых показателей качества корма является сырая клетчатка (СК), представляющая собой часть корма, которая остается после кипячения навески корма в растворе кислоты и растворе щелочи и последующего промывания водой, спиртом и эфиром [7]. Сырой такую клетчатку называют потому, что помимо «чистого» вещества (целлюлозы), в ее состав входят частично гемицеллюлоза и лигнин [5].

Важность клетчатки в рационе КРС обусловлена физиологией животных (многокамерный желудок) и способностью переваривать большое количество клетчатки. Образующиеся летучие жирные кислоты (ЛЖК) в результате метаболических превращений клетчатки покрывают примерно 70 % энергетических потребностей животного [11]. Клетчатка также возбуждает у животных рефлекс слюноотделения, что имеет важное значение в питании КРС, так как слюна способствует поддержанию оптимальной кислотности в рубце коровы – на уровне 6,5–7,0 ед. рН [5]. Обеспечивает нормальную моторику ЖКТ, механически воздействуя на рецепторы преджелудков [9–11], придает поедаемому корму рыхлость и определенный объем, способствуя тем самым хорошему наполнению пищеварительного тракта [10, 11], связывает и выводит из организма животных токсины, тяжелые металлы и радионуклиды [7].

Несмотря на важность и широкое использование на практике СК не является информативным показателем. Он отражает лишь часть целлюлозы и лигнина: максимум 40 % фактического содержания в кормах целлюлозы и гемицеллюлозы [13]. Более 50 % структурных углеводов в виде целлюлозы и гемицеллюлозы остаются не учтенными. Таким образом, простой анализ СК по системе В. Геннеберга и Ф. Штомана не может быть использован для составления качественно сбалансированного рациона для КРС. Данный показатель дает лишь приблизительное представление о различиях в степени переваримости кормов [12, 14–16].

Во многих зарубежных странах в своей зоотехнической практике показатель СК перестали использовать около 30–40 лет назад [17]. Там используют альтернативную процедуру определения клетчатки – систему дивергентного анализа Ван Соеста, основу которой составляют чистые субстраты веществ. Принципиальное преимущество данной схемы заключается в усовершенствовании оценки углеводов [6], которые она разделяет на 2 группы: структурные (волокнистые) и неструктурные (не волокнистые).

Структурные углеводы в свою очередь подразделяются на фракции: нейтрально-детергентная клетчатка (НДК), состоящая из почти полностью перевариваемой гемицеллюлозы, частично перевариваемой целлюлозы); кислотно-детергентная клетчатка (КДК) – наиболее трудно перевариваемая микроорганизмами рубца фракция клетчатки, состоящая из целлюлозы, лигнина и кремния; кислотно-детергентный лигнин (КДЛ). Все эти три показателя (НДК, КДК и КДЛ) считаются более достоверными и информативными по сравнению с СК.

НДК служит индикатором качества кормов растительного происхождения [12]. По данному показателю определяют переваримость и питательную ценность растительного корма, оценивают потенциальную поедаемость рациона (наполнение рубца) животным, с учетом вместимости рубца. Содержание НДК в рационе положительно коррелирует с количеством произведенного молока, так как именно гемицеллюлоза, составляющая большую часть НДК, способствуют повышению надоев [12].

Качество кормов определяют степенью их соответствия требованиям национальных стандартов. Существующие в настоящий период в РБ ТНПА не содержат сведений и требований к кормам, предназначенным на кормовые цели, по содержанию фракционного состава клетчатки (НДК, КДК и КДЛ), отсутствуют данные о нормировании этих показателей при составлении рационов для молочных коров [13]. Это может быть связано с тем, что в РБ определение КДК, НДК и КДЛ не получило широкого распространения из-за того, что отечественные лаборатории, за редким исключением, не оснащены специальными приборами и реактивами для определения данных показателей. В Европе НДК, КДК и

КДЛ нормируют согласно контрольным значениям голландской лаборатории BLGG AgroXpertus (НДК для силоса 370 – 420 г/кг СВ; для сенажа 350–450 г/кг СВ) [15].

По данным Я. Роусек [11] молочным коровам обычно требуется не менее 30 % НДК в сухом веществе. При содержании в корме НДК ниже этого значения удой немного увеличивается, но при этом наблюдается снижение содержания жира в молоке. В случае превышения значения оптимального содержания НДК в корме жирность молока увеличивается, а количество молока снижается.

По оценке Ю. В. Сизовой [19] оптимальное содержание НДК в рационах коров составляет 310–350 г/кг СВ. Исследованиями Н. С. Муравьевой [20] оптимальный уровень НДК в расчёте на сухое вещество в рационе коров после 100 дней лактации определен в пределах 320–370 г/кг СВ.

Интересен тот факт, что в европейских странах, в отличие от США, НДК и КДК определяют, но в то же время от СК не отказываются [18].

Целью данных исследований являлось определение математической зависимости НДК от КДК и СК в травяных кормах.

Основная часть

Лабораторные исследования проводились в Отраслевой научно-исследовательской лаборатории качества кормов Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси. Учет и хранение данных проводилось при помощи компьютерной программы баз данных Access, математическая обработка данных – при помощи программы Excel.

Корреляционная зависимость НДК от СК и КДК в кукурузном силосе показана в табл. 1.

Таблица 1. Корреляционная зависимость НДК от СК и КДК в кукурузном силосе

Искомый показатель	Диапазон значений, г		Количество образцов в выборке, шт	Математическая модель зависимости	Коэффициент детерминации, R ²	Ошибка аппроксимации	
	показатель	значения				г	%
НДК	СК	149–414	2836	$y = -0,0016x^2 + 2,4494x + 6,0313$	0,88	14,7	3
НДК	КДК	138–398		$y = 0,0018x^2 + 2,4186x - 32,87$	0,92	11	2
СК	НДК	263–675		$y = 5E-0,5x^2 + 0,4621x + 0,5045$	0,87	14	6

Согласно данным табл. 1, выявлена статистическая взаимосвязь между показателями НДК и СК; НДК и КДК; СК и НДК в кукурузном силосе. Данная взаимосвязь установлена в выборке образцов, включающей 2836 шт., однородных по ботаническому составу (силос изготовлен из одной культуры – кукурузы). Зависимость НДК от содержания СК в силосе может быть описана полиномиальной кривой с коэффициентом детерминации (R²) 0,88. Ошибка аппроксимации 14,7 г, или 3 % по отношению к данным, получаемым спектральным БИК анализом (анализ в ближней инфракрасной области) указывает на высокую точность полученной математической модели зависимости. Модель может быть использована в качестве дополнительного метода определения НДК в кукурузном силосе. Данная математическая модель зависимости НДК от СК может использоваться при условии, что содержание СК в кукурузном силосе известно и находится в диапазоне значений от 149 до 414 г/кг СВ.

Установлена достоверная зависимость НДК от содержания КДК в кукурузном силосе. Математическая модель зависимости представлена полиномиальной кривой, коэффициент детерминации (R²) 0,92. Ошибка аппроксимации составляет 11 г, или 2 % по отношению к данным, получаемым спектральным БИК-анализом, что указывает на высокую точность модели и возможность ее использования в качестве дополнительного метода анализа НДК кукурузного силоса. Данная математическая модель может быть использована при условии, что содержание КДК в кукурузном силосе известно и находится в диапазоне значений 138–398 г/кг СВ.

Выявлена также корреляционная зависимость содержания СК в кукурузном силосе от содержания НДК. Математическая модель зависимости описывается полиномиальной кривой, коэффициент детерминации (R²) 0,87. Ошибка аппроксимации данной модели составляет 14 г, или 6 % относительно данных, получаемых в стандартных условиях лабораторий при высушивании навески корма до абсолютно сухого вещества. Данная модель может быть использована как дополнительный метод определения СК корма при условии, что НДК известен и находится в диапазоне значений 263–675 г/кг СВ.

Проведен аналогичный анализ зависимости НДК от СК и КДК в сенаже, приготовленном из злаковой и злаково-бобовой травосмеси (табл. 2).

Таблица 2. Корреляционная зависимость НДК от СК и КДК в злаковом и злаково-бобовом сенаже

Искомый показатель	Диапазон значений, г		Количество образцов в выборке	Математическая модель зависимости	Коэффициент детерминации, R ²
	показатель	значения			
НДК	СК	115–629	2062	$y = -0,0012x^2 + 2,3746x - 41,924$	0,63
НДК	КДК	181–474		$y = 1,1816x + 146,88$	0,44
СК	НДК	351–751		$y = 0,3847x + 82868$	0,64

Как видно из табл. 2, в отношении корма, приготовленного из злаковой и злаково-бобовой травосмеси не выявлена достоверная математическая модель зависимости. Однако характер расположения точек рассеивания на диаграммах (рис. 1), указывает на возможное выявление сильной корреляционной зависимости при условии большего накопления массивов данных, либо вычленения образцов с идентичным ботаническим составом (что является более сложной практически выполнимой задачей).

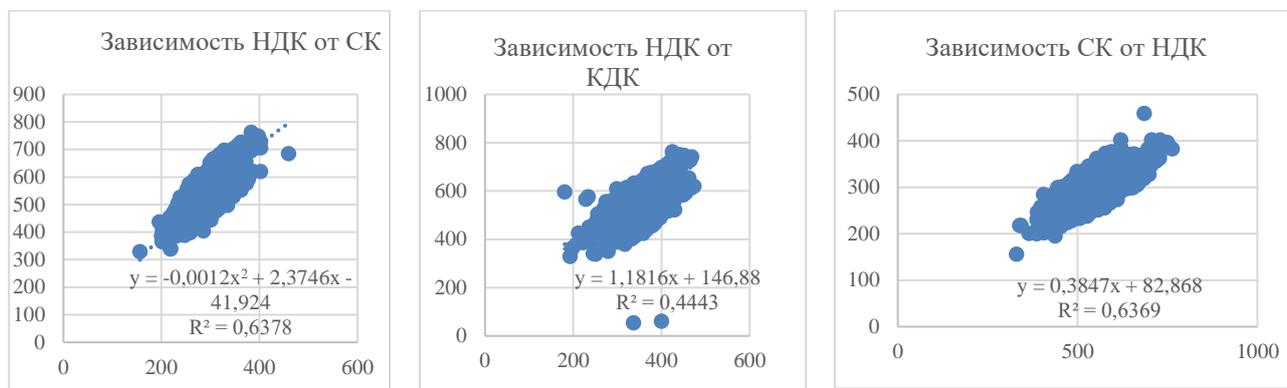


Рис. 1. Диаграммы рассеивания в сенаже, приготовленном из злаковых и злаково-бобовых травосмесей

Анализ статистической взаимосвязи НДК от СК и КДК в сенажах, приготовленных из бобовых и бобово-злаковых травосмесей в выборке, насчитывающей 260 образцов также, не выявил достоверной корреляционной зависимости. Наивысшие значения из полученных коэффициентов детерминации (R^2) находятся в диапазоне значений от 0,42 до 0,52 и описываются полиномиальной линией тренда (табл. 3).

Таблица 3. Корреляционная зависимость НДК от СК и КДК в бобовом и бобово-злаковом сенаже

Искомый показатель	Диапазон значений		Количество образцов в выборке	Математическая модель зависимости	Коэффициент детерминации, R^2
	показатель	значения			
НДК	СК	195–428	260	$y = -0,0004x^2 + 1,3239x + 77,761$	0,52
НДК	КДК	203–449		$y = -0,0005x^2 + 0,8727x + 34,634$	0,42
СК	НДК	313–748		$y = -4E-05x^2 + 0,3772x + 112,85$	0,52

На рис. 2 представлены диаграммы рассеивания, показывающие, что расположение точек рассеивания указывает на возможное выявление корреляционной зависимости в случае большего накопления данных.

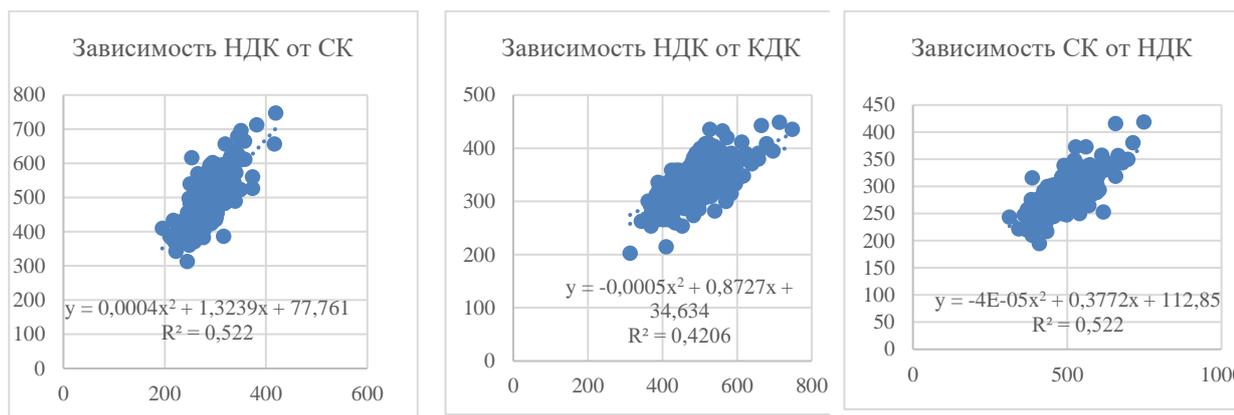


Рис. 2. Диаграммы рассеивания в сенаже, приготовленном из бобовых и бобово-злаковых травосмесей

Нами сформирована выборка образцов из числа бобовых сенажей, где достоверно установлено, что бобовым компонентом является только люцерна. Выборка насчитывает 79 образцов. Проведен аналогичный вышеизложенному методу анализ зависимости НДК от СК и КДК в люцерновом сенаже. Данные представлены в табл. 4.

Таблица 4. Корреляционная зависимость НДК от СК и КДК в бобовом сенаже (люцерна в чистом виде)

Искомый показатель	Диапазон значений		Количество образцов в выборке	Математическая модель зависимости	Коэффициент детерминации, R ²
	показатель	значения			
НДК	СК	210–328	79	$y=1,376x+76,558$	0,49
НДК	КДК	266–380		$y=-0,0034x^2+3,3492x-270,16$	0,43
СК	НДК	343–595		$y=-0,002x^2+2,2504x-322,6$	0,56

Представленные в табл. 4 данные указывают на отсутствие достоверной математической зависимости НДК от СК и КДК корма. Однако, следует отметить, что при формировании выборки однородного по ботаническому составу корма (сенаж из люцерны), коэффициент детерминации (R²) незначительно уступает смешанным травосмесям (0,49 против 0,52) в отношении математической зависимости НДК от СК корма, но, в то же время, он выше в отношении зависимости НДК от КДК (0,43 против 0,42), и выше в отношении зависимости СК от НДК (0,56 против 0,52). Таким образом, можно сделать вывод о том, что однородность по ботаническому составу образцов, участвующих в анализе, является одним из ключевых условий при формировании выборки образцов для создания математической модели зависимости. При уменьшении выборки на 60 % получены сопоставимые коэффициенты детерминации.

Заключение

В соответствии с поставленной целью получены следующие результаты. Достоверно установлены статистические модели зависимости НДК от СК и КДК в кукурузном силосе. Анализируемая выборка включает 2836 образцов. Математическая модель зависимости НДК от СК и КДК кукурузного силоса описывается полиномиальными линиями тренда. Коэффициент детерминации для математической модели зависимости НДК от СК составляет 0,88, ошибка аппроксимации – 14,7 г или 3 % относительно данных, получаемых спектральным БИК-анализом. Установленная математическая модель зависимости может быть использована в качестве дополнительного метода определения НДК при условии, что значения СК находятся в диапазоне 149–414 г/кг СВ.

Коэффициент детерминации для математической модели зависимости НДК от КДК составляет 0,92, ошибка аппроксимации 11 г, или 2 % относительно данных, получаемых спектральным БИК-анализом. Данная математическая модель зависимости может быть использована в качестве дополнительного метода определения НДК при условии, что значение КДК находится в диапазоне 138–398 г/кг СВ.

Коэффициент детерминации математической модели зависимости СК от НДК в кукурузном силосе составляет 0,87, ошибка аппроксимации – 14 г, или 6 % относительно данных, получаемых в лабораторных условиях высушиванием образца до абсолютно сухого вещества. Данная модель может быть использована как дополнительный метод определения СК корма при условии, что значение НДК находится в диапазоне 263–675 г/кг СВ.

Нами не установлена достоверная корреляционная зависимость НДК от СК и КДК в сенажах. Тем не менее, характер расположения точек рассеивания на диаграммах указывает на то, что достоверная зависимость не выявлена по причине недостаточной численности выборки и неоднородности кормов по ботаническому составу.

При формировании выборки однородного по ботаническому составу сенажа (люцерна в чистом виде), выявлено, что однородность по ботаническому составу образцов, участвующих в анализе, является одним из ключевых условий создания математической модели зависимости.

Благодарность. Исследования выполнены в рамках ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг.; подпрограмма 1 «Природные ресурсы и их рациональное использование»; задание №2 «Оценка загрязнения тяжелыми металлами и иными экотоксикантами почв, вод, биологических объектов природных и природно-техногенных геосистем юго-запада Беларуси и научное обоснование минимизации сопутствующих экологических рисков» в рамках задания «природные ресурсы и окружающая среда 1.02» «Оценка и оптимальная пространственно-временная организация природных и техногенных подсистем в городах и зонах их влияния для целей устойчивого развития» (№ ГР, 2021–2025 гг.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные социально-экономические показатели по Республике Беларусь, областям и городу Минску в январе-декабре 2023 г.: статистический бюллетень / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2024. – 102 с.
2. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический буклет. / под ред. И. В. Медведевой и др. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2023.
3. Карпенко А. Динамика развития молочного скотоводства Беларуси // Аграрная экономика. – 2021. – № 11. – С. 71–77.

4. Биологические основы кормления животных и птицы: учебное пособие для студентов / Л. Н. Гамко и др. – Брянск: изд-во БГАУ, 2015. – 252 с.
5. Зоотехнический анализ кормов: учебное пособие / Л. Н. Дулепинских и др. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2022. – 91 с.
6. Практическое руководство по использованию кормовых ресурсов в кормопроизводстве: практическое руководство / Н. Н. Зенькова и др.; под общ. ред. Н. Н. Зеньковой, О. Ф. Ганущенко. – Витебск: ВГАВМ, 2021. – 176 с.
7. Ганущенко О. Клетчатка в рационах жвачных // Животноводство России. – 2019. – № 10. – С. 37–42.
8. Организационно-технологические требования при производстве молока на молочных комплексах промышленного типа: республиканский регламент / И. В. Брыло и др.; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Минск: Журнал «Белорусское сельское хозяйство», 2014. – 108с.
9. Технологическое сопровождение животноводства: новые технологии: практ. пособие / Н. А. Попков и др.; НАН Беларуси, РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству». – 2-е изд. – Жодино: НПЦ НАН Беларуси по животноводству, 2013. – 490 с.
10. Ганущенко, О. Структурность кормосмесей для коров // Животноводство России. – 2019. – № 12. – С. 59–61.
11. Роусек Я. Роль клетчатки в кормлении дойного стада // Наше сельское хозяйство. Ветеринария и животноводство. – 2021. – № 24. – С. 66–69.
12. Мошкина С. В., Абрамкова Н. В., Колганова Т. Ю. Структурные углеводы в кормлении молочного скота: учебно-методическое пособие. – Орел, 2016. – 56 с.
13. Курепин А. А. Динамика накопления нейтрально- и кислотно-детергентной клетчатки в зеленой массе кукурузы // Зоотехническая наука Беларуси. – 2021. – Т. 56, № 1. – С. 235–241.
14. Курепин А. А. Использование современных методов оценки качества силоса кукурузного с учетом содержания нейтрально- и кислотно-детергентной клетчатки // Зоотехническая наука Беларуси. – 2020. – Т. 55, № 2. – С. 21–29.
15. Попов В. В. Прорывные новации в оценке качества и питательности кормов // Адаптивное кормопроизводство. – 2020 – № 3. – С. 65–76.
16. Иванова Е. П. Фракционный состав клетчатки в оценке качества современных кормов // Аграрный вестник Приморья. – 2020. – № 3. – С. 17–21.
17. Рядчиков В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебно-практическое пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 328 с.
18. Попов В. В. Этюды оценки качества кормов и рационов США в России // Адаптивное кормопроизводство. – 2021. – № 1. – С. 65–80.
19. Сизова Ю. В. Влияние разного уровня нейтрально-детергентной клетчатки в рационе на обеспеченность коров аминокислотами // Вестн. НГАУ. – 2014. – № 4. – С. 109–114.
20. Влияние разного уровня НДК, КДК в рационах на молочную продуктивность коров / Н. С. Муравьева и др. // Вестник АПК Верхневолжья. – 2014. – № 2. – С. 39–43.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КОРМОВЫХ РЕСУРСОВ КИТАЯ

ЧЖАО СЮЭПИН, Б. В. ШЕЛЮТО

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

(Поступила в редакцию 26.08.2024)

В статье рассматриваются проблемы в создании кормовой базы для животноводства Китая. В Китае существует три основных типа сельскохозяйственных кормовых культур. Один из них – зернобобовые культуры, используемые как в пищу, так и в качестве корма, это в основном соевые бобы. Другой тип – зерновые культуры, используемые как в пищу, так и на корм, в основном кукуруза, сорго, пшеница и ячмень. Третий тип включает люцерну посевную и плевел многолетних, которые выращиваются в некоторых районах, тогда как райграс высокий (французский райграс) и другие культуры выращиваются на небольших территориях в Китае

В Китае есть 8 основных кормовых культур, 5 из которых используются как на зерно, так и на корм. Существует проблема, что кормовые культуры занимают земли под зерновые культуры. В то же время видов кормовых культур мало, поэтому главной задачей кормопроизводства Китая является замена фуражного зерна, спрос на которое превышает предложение, качественными растительными кормами, включая многолетние травы.

По статистическим данным Национального бюро статистики Китайской Народной Республики, стоимость продукции животноводства значительно меньше общей стоимости продукции сельского хозяйства. Спрос населения, из-за роста и повышения уровня доходов, на мясо будет продолжать расти, поэтому потребление кормов будет увеличиваться.

Однако главной проблемой животноводства является нехватка кормовых ресурсов и протеиновых кормовых ресурсов. Еще в 2015 году в Документе № 1 правительства Китайской Народной Республики говорилось, что «необходимо ускорить развитие травосеяния, поддержать выращивание люцерны и других кормов, а также способствовать скоординированному развитию трех направлений – размерная структура посевов зерновых, товарных и кормовых культур». Однако, судя по нынешней ситуации, виды и урожайность кормовых культур по-прежнему являются узкими местами, которые необходимо решить в развитии животноводства Китая. Кормовая промышленность и пастбища выполняют важную задачу по защите окружающей среды и высококачественному скоординированному развитию. Качество кормовых культур и многолетних трав, содержащих различные микроэлементы и витамины напрямую влияет на экономическую выгоду животноводства, поэтому использование пастбищ является основным способом облегчения продовольственной нагрузки в Китае.

Ключевые слова. кормовые ресурсы, зернобобовые и зерновые культуры, многолетние травы, продовольственная и экологическая безопасность.

The article discusses the problems in creating a forage base for livestock farming in China. There are three main types of agricultural forage crops in China. One is leguminous crops used both for food and feed, mainly soybeans. The other type is cereal crops used both for food and feed, mainly corn, sorghum, wheat and barley. The third type includes alfalfa and perennial ryegrass, which are grown in some areas, while tall ryegrass (French ryegrass) and other crops are grown in small areas in China.

There are 8 major forage crops in China, 5 of which are used for both grain and feed. There is a problem that forage crops occupy land for grain crops. At the same time, there are few types of forage crops, so the main task of China's forage production is to replace feed grain, the demand for which exceeds supply, with high-quality plant feed, including perennial grasses.

According to statistics from the National Bureau of Statistics of the People's Republic of China, the value of livestock products is much lower than the total value of agricultural products. The population's demand for meat will continue to grow due to the growth and increase in income, so feed consumption will increase.

However, the main problem of livestock farming is the shortage of feed resources and protein feed resources. As early as 2015, Document No. 1 of the Government of the People's Republic of China stated that "it is necessary to accelerate the development of grassland cultivation, support the cultivation of alfalfa and other feed, and promote the coordinated development of three areas – the size structure of grain crops, commercial crops and feed crops". However, judging by the current situation, the types and yields of feed crops are still bottlenecks that need to be solved in the development of China's livestock industry. The feed industry and pastures perform an important task in protecting the environment and high-quality coordinated development. The quality of forage crops and perennial grasses containing various microelements and vitamins directly affects the economic benefits of livestock farming, so the use of pastures is the main way to ease the food burden in China.

Key words: forage resources, legumes and grain crops, perennial grasses, food and environmental security.

Введение

Сельскохозяйственные кормовые ресурсы являются основой развития животноводства. Их обилие и эффективность использования напрямую связаны с производственным потенциалом животноводства страны, продовольственной безопасностью и устойчивым развитием аграрной экономики. В последние годы, в связи с быстрым развитием, увеличением масштабов и интенсификацией животноводческой отрасли, спрос на кормовые ресурсы растет с каждым днем, но поставка кормовых ресурсов в Китае сталкивается со многими проблемами.

Первопричиной этих проблем является нехватка кормовых ресурсов и протеиновых кормовых ресурсов. Еще в 2015 году в Документе № 1 правительства Китайской Народной Республики говорилось, что «необходимо ускорить развитие травосеяния, поддержать выращивание люцерны и других

кормов, а также способствовать скоординированному развитию трех направлений – размерная структура посевов зерновых, товарных и кормовых культур». Однако, судя по нынешней ситуации, виды и урожайность кормовых культур по-прежнему являются узкими местами, которые необходимо решить в развитии животноводства Китая. Кормовая промышленность и пастбища выполняют важную задачу по защите окружающей среды и высококачественному скоординированному развитию. Качество кормовых культур и многолетних трав, содержащих различные микроэлементы и витамины напрямую влияет на экономическую выгоду животноводства. Они также обладают сильной регенерационной способностью и их можно собирать несколько раз в год.

Поэтому целью наших исследований явилось проанализировать основные кормовые ресурсы Китая, дать оценку им оценку и найти пути повышения качества кормов путем расширения посевов высокобелковых энергетически ценных кормовых культур.

Основная часть

Зерновые корма являются наиболее важным источником энергии в животноводстве Китая, в основном включая кукурузу, пшеницу, ячмень, рис и т. д. Однако из-за большой численности населения и большого потребления зерна ресурсы зерна, доступные для кормления, относительно ограничены. Несмотря на это, зерновые корма по-прежнему занимают важное место в кормовой промышленности Китая, особенно кукуруза, поскольку она является «королем энергии» в кормах, и спрос на нее продолжает расти.

Кормовые отруби являются побочным продуктом переработки зерна, в основном включая пшеничные, рисовые, кукурузные отруби и т. д. Этот тип кормовых ресурсов поступает из самых разных источников, дешев и содержит определенные питательные вещества. Это один из важных источников кормов в животноводстве. Однако, поскольку корма из отрубей имеют относительно низкую пищевую ценность и подвержены влаге и порче, их использование имеет определенные ограничения.

Остаточные кормовые ресурсы в основном поступают из пивоваренной промышленности, сахарной промышленности, неосновной пищевой промышленности и т. д., включая дистиллятный осадок, уксусный осадок, осадок соевого соуса, осадок бобов, мучной осадок, свекольный осадок и т. д. Этот тип кормового ресурса богат питательными веществами, такими как белок и целлюлоза, и является дешевым. Это один из важных источников белка в животноводстве. Однако из-за высокого содержания воды и легкой порчи остатков корма их хранение и транспортировка стали большой проблемой.

Жмых является побочным продуктом экстракции соевого, хлопкового и масличного масла, в том числе соевого жмыха, хлопкового жмыха, рапсового жмыха и т. д. Этот вид кормового ресурса имеет высокое содержание белка и богат различными аминокислотами и минералами. Это один из высококачественных источников белка в животноводстве. Однако из-за широкого спектра использования таких ресурсов, как соевый шрот, помимо использования в качестве корма, он также широко используется в пищевой, пивоваренной, фармацевтической и других отраслях промышленности, что приводит к ограничениям на его использование в качестве корма.

Кормовые ресурсы для животных в основном включают рыбную муку, мясокостную муку, кровяную муку, перьевую муку и т. д. Этот тип кормового ресурса имеет высокое содержание белка и богат множеством незаменимых аминокислот и минералов. Он является важным источником белковых добавок в животноводстве. Однако, поскольку ресурсы кормов для животных широко распространены и их трудно сконцентрировать, затраты на их переработку высоки, и они склонны к порче, их использование подлежит определенным ограничениям.

Кормовые ресурсы Китая в основном поступают из естественных пастбищ, искусственных лугов, лесных пастбищ, кормовых культур, соломы и побочных продуктов сельского и лесного хозяйства. Среди них 1/3 – это трава, непосредственно собранная и переработанная из естественной луговой растительности. Кормовые травы оказывает большое давление на экологию пастбищ. 1/3 приходится на искусственно выращенную высококачественную продукцию люцерны, а остальная часть – кукуруза на силос, райграс и другие культуры [1].

В Китае существует три основных типа сельскохозяйственных кормовых культур. Один из них – зернобобовые культуры, используемые как в пищу, так и в качестве корма, это в основном соевые бобы. Другой тип – зерновые культуры, используемые как в пищу, так и на корм, в основном кукуруза, сорго, пшеница и ячмень [2]. Третий тип включает люцерну посевную и плевел многолетний, которые выращиваются в некоторых районах, тогда как райграс высокий (французский райграс) и другие культуры выращиваются на небольших территориях в Китае (табл. 1).

Таблица 1. Основные кормовые культуры и их использование в Китае [3-5]

Типы кормовых культур	Название	Назначение
Зернобобовые культуры, используемые как в пищу, так и в качестве корма	Соевые бобы <i>Glycine max</i> (L.) Merr.	Выращиваются основные сельскохозяйственные культуры, а семена можно использовать в качестве концентрированного корма и белкового корма. Солому и экстракт окары можно использовать в качестве грубых кормов
Зерновые культуры, используемые как в пищу, так и в качестве корма	Кукуруза <i>Zea mays</i> L.	Выращиваются основные культуры, семена используются в качестве концентрата корма, кукурузная солома используется в качестве силоса, а зеленая кукуруза используется в качестве свежего корма
	Сорго <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Вторичные культуры, зерна сорго используются в качестве энергетического корма и обеспечивают углеводы, сладкое сорго и солома используются для силоса
	Пшеница <i>Triticum aestivum</i> L.	В качестве вторичной культуры на корм используют все растение или солому и отруби объединяют с белком для приготовления комбикорма в виде гранул
	Ячмень <i>Hordeum vulgare</i> L.	При вторичных культурах на корм используют все растение или солому и отруби объединяют с белком для приготовления комбикорма в виде гранул
Многолетние травы	Люцерна посевная <i>Medicago sativa</i> L.	Компания в основном выращивает культуры для производства концентратов и белковых кормов
	Плевел многолетний <i>Lolium perenne</i> L.	Выращиваются на корм скоту в свежем виде, а сено перерабатывается в гранулированный корм.
	Райграс высокий (французский райграс) <i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P. Beauv. ex J. Presl & C.	Небольшое количество выращивается на свежие корма и сено, а часть также используется на силос

В Китае есть 8 основных кормовых культур, 5 из которых используются как на зерно, так и на корм. Существует проблема, что кормовые культуры занимают земли под зерновые культуры. В то же время видов кормовых культур мало, поэтому главной задачей кормопроизводства Китая является замена зерна качественными кормами.

Кормовая ценность кормовых трав в основном состоит из двух частей: выхода корма и питательности корма. Сырой белок и сырой жир в кормах являются важными питательными веществами для скота. Чем выше содержание сырого протеина и сырого жира, тем выше питательная ценность корма, а чем выше содержание сырой клетчатки, тем хуже питательная ценность корма (табл. 2) [6, 7].

Таблица 2. Пищевая ценность основных кормовых культур Китая [6-7]

Типы кормовых культур	Название	Содержание питательных веществ				
		содержание белка	Типы аминокислот	содержание жира	содержание углеводов	Содержание целлюлозы
Зернобобовые культуры	<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	30–40 %	18	15–20 %	20–30 %	12–15 %
Зерновые культуры	<i>Zea mays</i> L.	8–10 %	16	4–16 %	70–80 %	18–24 %
	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	8–11 %	20	3–4 %	70–80 %	6–7 %
	<i>Triticum aestivum</i> L.	7,5–15 %	20	1–1,5 %	65–75 %	2–5 %
	<i>Hordeum vulgare</i> L.	9–13 %	18	0,4–3 %	60–75 %	<1 %
Многолетние травы	<i>Medicago sativa</i> L.	15–27 %	>20	0,4–0,7 %	1–3 %	25–35 %
	<i>Lolium perenne</i> L.	18–20 %	>10	1–2 %	21–25 %	15–20 %
	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P. Beauv. ex J. Presl & C.	6–15 %	>18	4–5 %	60–75 %	17–21 %

По разным типам использование кормовых культур также различается. По форме производства кормов они в основном включают семена, непосредственно поставляемые скоту, перерабатываемые в сено, цельные растения, употребляемые в пищу в свежем виде, перерабатываемые в силос, а также сено, смешанное с высокобелковым кормом в комбикормовые частицы и др. [8]. В зависимости от того, необходимы ли белковые добавки, их делят на два типа: концентрированные корма и грубые корма.

По данным соответствующей литературы, урожайность яровой сои в Синьцзяне достигла 326,2 кг на га [9]. Соевые бобы содержат 40 % белка, 20 % жира, 10 % влаги, 5 % клетчатки и 5 % золы [10]. Чжан Де и др. оценили продуктивность и пищевую ценность восьми сортов люцерны в засушливых и жарких районах. Среднегодовая урожайность за три года колебалась от 11674,5 до 29276,44 кг/м², а содержание сырого протеина колебалось от 17,12 % до 21,43 %. Содержание клетчатки колеблется от 18,05 % до 23,51 % [11].

Соя, кукуруза и люцерна играют важную роль в использовании кормовых культур, поскольку они богаты белком. Их можно использовать в качестве концентрированных кормов или комбинировать с другими кормовыми культурами для получения комбикормов, особенно в России. При разведении мясного скота, когда нет естественных пастбищ для кормления в зимний период, тем более необходимо скармливать большое количество высокобелковых кормовых культур.

Основываясь на анализе основных видов кормов в Китае, видны такие проблемы, как ограниченный набор концентрированных кормовых культур, нехватка высокопротеиновых и высокоурожайных пастбищ, а также сильное давление на индустрию многолетних трав.

Учитывая вышеупомянутую структуру типов сельскохозяйственных кормовых ресурсов, в Китае исследователи проделали некоторую работу, направленную на разработку новых разновидностей сельскохозяйственных кормовых ресурсов с использованием диких кормовых ресурсов. Guo Rongming et al. проанализировали результаты исследований ресурсов зародышевой плазмы диких кормов с точки зрения характеристик семян, агрономических особенностей, производственных показателей и экологической адаптивности [12]. В целях дальнейшего развития ресурсов дикой травы в автономном районе Внутренняя Монголия эффективно использовать ресурсы дикого мятлика. Tian Haoqi et al. провели оценку материала 15 зародышевых плазм диких кормов мятлика в альпийских районах [13].

Подводя итог, можно сказать, что освоение диких кормовых ресурсов в настоящее время ограничивается только исследованиями и оценкой, но не используется для выращивания кормовых культур и не внесло большого вклада в развитие животноводства.

По статистическим данным Национального бюро статистики Китайской Народной Республики (рис.), стоимость продукции животноводства значительно меньше общей стоимости продукции сельского хозяйства. Спрос населения на мясо будет продолжать расти, а потребление кормов будет увеличиваться с увеличением потребления продуктов животного происхождения, поэтому использование пастбищ является основным способом облегчения продовольственной нагрузки в Китае [14].

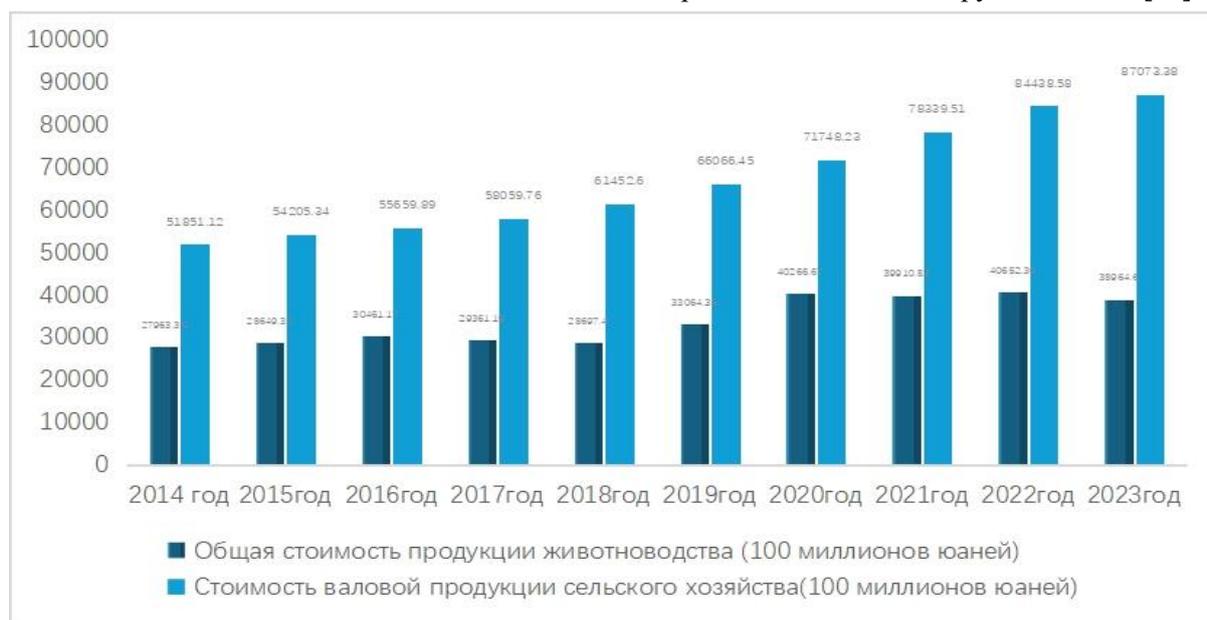


Рис. Валовое производство сельскохозяйственной продукции и животноводства Китайской Народной Республики с 2014 по 2023 год

Заключение

Подводя итог проблемы, существующие в сельскохозяйственных кормовых ресурсах Китая, можно выделить три аспекта: нехватка кормовых ресурсов, нехватка протеиновых кормовых ресурсов и дисбаланс спроса и предложения фуражного зерна. Китай имеет большое население, но небольшую площадь земли и производства зерно на душу населения, а также очень скудные кормовые ресурсы. Спрос на корма намного превышает фактическое производство. В связи с быстрым развитием отечественной кормовой промышленности предложение отечественного белкового сырья отстает от спроса, что приводит к постепенной зависимости рынка от импорта. При этом содержание белка в китайских кормах, как правило, низкое, а аминокислоты несбалансированы, что напрямую влияет на качество и количество продукции животноводства. Из-за нехватки внутренних белковых ресурсов, осо-

бенно в условиях быстрого развития животноводства, традиционные белковые ресурсы растительного и животного происхождения не могут удовлетворить растущий спрос.

Колебания цен на сырье оказывают существенное влияние на всю отрасль. Зерновая политика усугубила дисбаланс между предложением и спросом на фуражное зерно, но производство зерна демонстрирует тенденцию к росту, что очень важно для Китая.

Баланс спроса и предложения продовольствия все больше страдает. Это важные факторы, ограничивающие развитие животноводческой отрасли Китая, а также ограничивающие процесс модернизации животноводства. Существуют и другие проблемы, такие как слабый научный и технологический инновационный потенциал кормовой промышленности. Проблемы качества и безопасности кормов, вызванные перебоями в поставках кормового сырья, являются относительно заметными, качество кормовых продуктов неравномерно, а порядок рыночной конкуренции хаотичен. Такие проблемы, как антибиотики, микроэлементы, гормоны и другие добавки, биологическое загрязнение, промышленное и сельскохозяйственное загрязнение, природные токсичные и вредные ингредиенты в кормах и технологии их приготовления, оказывают существенное влияние на безопасность людей и животных, а также экологическую безопасность.

ЛИТЕРАТУРА

1. 郭长泰,陈剑梅.创新发展中国特色现代化的苜蓿草产业、苜蓿奶牛业——建议实行补助大办家庭草场、推行全价苜蓿日粮草饼饲喂奶牛[C]//中国苜蓿发展大会.2013.
2. 刘慧,崔亚妮,钟钰.高水平开放下保障饲料粮供给的新举措与展望[J].世界农业,2023(06):25-36.DOI:10.13856/j.cn11-1097/s.2023.06.003.
3. 马新燕,李剑豪,黄琳,王刚.我国非常规饲料原料在养猪生产中应用[J].广东畜牧兽医科技,2019,44(02):13-20.
4. 余汝华,莫放,赵丽华,等.切碎和揉切对玉米秸秆青贮饲料发酵特性的影响[J].中国畜牧杂志, 2007, 43(015):42-43.DOI:10.3969/j.issn.0258-7033.2007.15.015.
5. 郝林凤,罗建新,巴雅尔图,等.苜蓿干草替代部分精饲料对泌乳奶牛生理性能及产奶的影响[J].新农村:黑龙江, 2010(12).
6. 刘远,吴贤锋,陈鑫珠,等.牧草叶作为饲料原料的营养价值分析[J].中国农学通报, 2018, 34(17):5.DOI:CNKI:SUN:ZNTB.0.2018-17-023.
7. 路欣,梁霞,孟婷婷,等.山西主栽黑玉米营养成分及其抗氧化作用[J].现代食品科技, 2021, 37(1):11.DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.01.0704.
8. 玉柱,贾玉山.牧草饲料加工与贮藏/普通高等教育“十一五”国家级规划教材[M].中国农业大学出版社,2010.
9. 李远明,刘燕,姜妍,等.黑龙江省春大豆亩产300公斤高产栽培技术及高产原因分析[J].大豆科技,2014,(04):39-41.
10. 张海生.大豆的营养价值及功效[J].大豆科技,2012(01):51-53.
11. 张德,龙会英.8个紫花苜蓿品种在干热区生产性能和营养价值评价[J].中国草地学报,2024,46(01):70-77.DOI:10.16742/j.zgcxdb.20220444.
12. 郭荣明,苗彦军,赵芯,程方方,夏茂林,杨君辉.野生牧草种质资源调查搜集与评价研究进展[J].草学,2024(02):1-7+18.
13. 田浩琦,汪辉,陈有军,周青平.高寒地区15份早熟禾属野生牧草种质材料评价[J].草原与草坪,2021,41(02):92-99.DOI:10.13817/j.cnki.cyyep.2021.02.013.
14. 李国祥.“十三五”我国谷物及口粮安全形势与对策思路[J].粮食问题研究,2015(05):9-16.

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 629.3.015.5

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СИДЕНЬЯ ВОДИТЕЛЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА ПО НЕРОВНОСТЯМ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Д. А. ЛИННИК, А. Ч. СВИСТУН

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,
г. Гродно, Республика Беларусь, 230023

(Поступила в редакцию 14.06.2024)

В настоящее время в сельскохозяйственных машинах, предназначенных для обработки почвы, внесения удобрений, посева (посадки), уборки трав и силосных культур, уборки зерновых, зернобобовых и крупяных культур, овощей и плодово-ягодных культур в конструкции используются пассивные системы поддрессоривания, которые обладают простой конструкцией, низкой стоимостью и высокой надежностью. Однако виброзащитные свойства пассивных систем поддрессоривания в настоящее время не соответствуют требованиям действующих стандартов. Это, с одной стороны, связано с тем, что при проектировании пассивных систем поддрессоривания приходится сталкиваться с проблемой противоречия требований к системе поддрессоривания в отношении качества плавности хода, управляемости и устойчивости движения. Следовательно, для обеспечения высокого качества плавности хода система поддрессоривания должна иметь «мягкие» регулировки. С другой стороны, чтобы обеспечить хорошую управляемость и устойчивость движения, регулировки должны быть достаточно «жесткими». Наиболее перспективными системами поддрессоривания являются полупассивные системы, обладающие переменной жесткостью и демпфированием.

Использование пассивных систем поддрессоривания в конструкции сельскохозяйственных машин не позволяет снизить негативное воздействие от вредных вибраций (низкочастотных), которые передаются на тело водителя через пол кабины, сиденье и органы управления. Воздействие этих вибраций на организм водителя в течение длительного времени может привести к развитию профессиональных заболеваний (вибрационной болезни). Поэтому снижение влияния вибрации на организм водителя сельскохозяйственной машины является приоритетным направлением научных исследований.

Актуальность данной работы связана с разработкой теории по уменьшению вибрации на рабочем месте водителя колесного трактора, так как вибрация является одним из наиболее распространенных и вредных факторов, влияющих на здоровье водителя и работу сельскохозяйственных машин.

В данной статье изложены результаты решения основного уравнения динамики с нулевыми начальными условиями колебания сиденья водителя колесного трактора при движении по неровностям опорной поверхности под действием возмущающей силы, силы трения, силы сопротивления амортизатора и силы тяжести. Произведена оценка оптимальных конструктивных параметров системы поддрессоривания сиденья водителя с целью снижения величины вибрации на рабочем месте водителя колесного трактора.

Ключевые слова: сельскохозяйственная машина, колесный трактор, сиденье водителя, вибрация, математическая модель, сила вязкого сопротивления, кинематические характеристики.

Currently, agricultural machinery designed for soil cultivation, fertilization, sowing (planting), harvesting grass and silage crops, harvesting grain, leguminous and cereal crops, vegetables and fruit and berry crops uses passive suspension systems in its design, which are simple in design, low in cost and highly reliable. However, the vibration protection properties of passive suspension systems currently do not meet the requirements of current standards. On the one hand, this is due to the fact that when designing passive suspension systems, one has to deal with the problem of conflicting requirements for the suspension system in terms of ride quality, controllability and stability of movement. Consequently, to ensure high quality ride, the suspension system must have "soft" adjustments. On the other hand, to ensure good controllability and stability of movement, the adjustments must be sufficiently "rigid". The most promising suspension systems are semi-active systems with variable stiffness and damping.

The use of passive suspension systems in the design of agricultural machinery does not reduce the negative impact of harmful vibrations (low-frequency), which are transmitted to the driver's body through the cabin floor, seat and controls. The impact of these vibrations on the driver's body over a long period of time can lead to the development of occupational diseases (vibration disease). Therefore, reducing the impact of vibration on the body of the driver of an agricultural machine is a priority area of scientific research.

The relevance of this work is associated with the development of a theory for reducing vibration at the workplace of the driver of a wheeled tractor, since vibration is one of the most common and harmful factors affecting the health of the driver and the operation

of agricultural machinery.

This article presents the results of solving the basic equation of dynamics with zero initial conditions for the oscillation of the driver's seat of a wheeled tractor when moving over uneven surfaces under the action of a disturbing force, friction force, shock absorber resistance force and gravity. An assessment was made of the optimal design parameters of the driver's seat suspension system in order to reduce the amount of vibration at the workplace of the driver of a wheeled tractor.

Key words: *agricultural machine, wheeled tractor, driver's seat, vibration, mathematical model, viscous resistance force, kinematic characteristics.*

Введение

В целях обеспечения безопасных и комфортных условий труда водителей сельскохозяйственных машин к плавности хода предъявляются повышенные требования. Как показывает практика, экономический эффект, получаемый от внедрения новых технических решений для систем поддрессоривания, зачастую не оправдывает финансовых затрат на их разработку. Однако практика эксплуатации сельскохозяйственных машин показывает, что отсутствие комфортных условий труда водителя как прямо, так и косвенно влияет на технико-экономические показатели использования машины. При больших амплитудах колебаний сиденья водитель вынужден снижать скорость сельскохозяйственной машины, что сопровождается снижением средней линейной скорости и, как следствие, производительности работы машины. Высокий уровень вибронгрузки рабочего места водителя влияет на его здоровье, вызывая утомляемость и потерю концентрации внимания [1].

Водители сельскохозяйственных машин в своей повседневной деятельности подвергаются множеству негативных воздействий, оказывающих комплексное и вредное воздействие на организм водителя. Помимо физических нагрузок, осадков, неблагоприятного микроклимата, различных загрязнений (пыль, средства защиты растений), высоких или низких температур, шума существенным вредным фактором являются низко- и высокочастотные вибрации. Эти вибрации особенно влияют на водителей колесных тракторов, поскольку они передаются через остов, пол кабины, сиденье и органы управления на все тело водителя [2–5].

По сравнению с очевидными улучшениями других характеристик сельскохозяйственных тракторов (мощность, трансмиссия, скорость, высокотехнологичное управление) защита водителей от вибраций неудовлетворительна. Шасси колесного трактора не имеет подвески, а относительно гибкие шины представляют собой практически только подвеску, поглощающую вибрации. По этой причине водители колесных тракторов подвергаются сравнительно сильной вибрации [2, 3].

Измерив интенсивность общей вибрации на сиденьях водителей колесных тракторов нескольких типов, было установлено, что риск для здоровья «существует» даже у тех водителей, которые подвергаются вибрации всего один час в день, и что риск «вероятен» для всех остальных, кто подвергается воздействию более одного часа. Интенсивность вибрации сиденья водителя колесного трактора, определенная путем измерения, может привести к повреждению кровеносно-сосудистого, нервного и костно-мышечно-суставного аппарата организма, а также к повреждению других органов. Kumar A. и другие [6] пришли к выводу, что езда на колесном тракторе оказывается некомфортной в основном из-за совпадения доминирующих частот с собственными частотами различных частей тела водителя, преимущественно в диапазоне от 1 до 7 Гц. Эти частоты играют ведущую роль в возникновении скелетно-мышечных рисков, особенно в поясничном отделе позвоночника. Эти нарушения встречались преимущественно у водителей колесных тракторов из-за высокой амплитуды воздействия низкочастотной вибрации. В целях предупреждения и предотвращения влияния общих вибраций на здоровье водителей колесных тракторов и других сельскохозяйственных машин необходимо обеспечить безопасность труда и сохранить здоровье водителей [7–9].

Исследование жалоб на здоровье среди водителей колесных тракторов, проведенное Rosegger R., показало, что среди них часто наблюдаются расстройства позвоночника, особенно в поясничном и грудном отделах, а также жалобы на желудок из-за длительной работы на колесном тракторе. Также было показано, что водители колесных тракторов склонны к геморрою [10; 11].

В последние годы системы виброзащиты изучаются достаточно широко. Системы виброзащиты можно разделить на пассивные, активные и полуактивные. Полуактивные системы управления заполняют пробел между пассивными и активными системами управления и представляют собой компромисс между повышением производительности и простотой реализации [12]. Разработка таких систем поддрессоривания требует комплексных исследований и анализа характера возмущающего воздействия на машину в условиях сельскохозяйственного производства, исследования и поиск путей снижения вибронгрузки рабочего места водителя сельскохозяйственных машин [1, 12].

В данной статье построена и решена математическая модель колебаний сиденья водителя колесного трактора с помощью основного уравнения динамики. Это уравнение описывает поведение системы при воздействии на нее внешних сил. Используя решения данного уравнения, можно проанализировать и определить амплитуды и частоты колебаний, а также подобрать оптимальные конструктивные параметры для системы поддрессоривания сиденья с целью снижения величины вибрации на рабочем месте водителя колесного трактора.

Основная часть

Математические модели широко используются во многих областях современной науки, таких как физика, техника, биология, экономика, социология и т.д. Они помогают описывать, изучать и упрощать сложные системы, анализировать их поведение, выявлять зависимости между их параметрами и находить оптимальные решения, а также позволяют на ранних стадиях проектирования определять оптимальные параметры [13–15].

Объектом исследования было выбрано сиденье водителя 80-6800010, установленное в кабине колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1» (рис. 1).

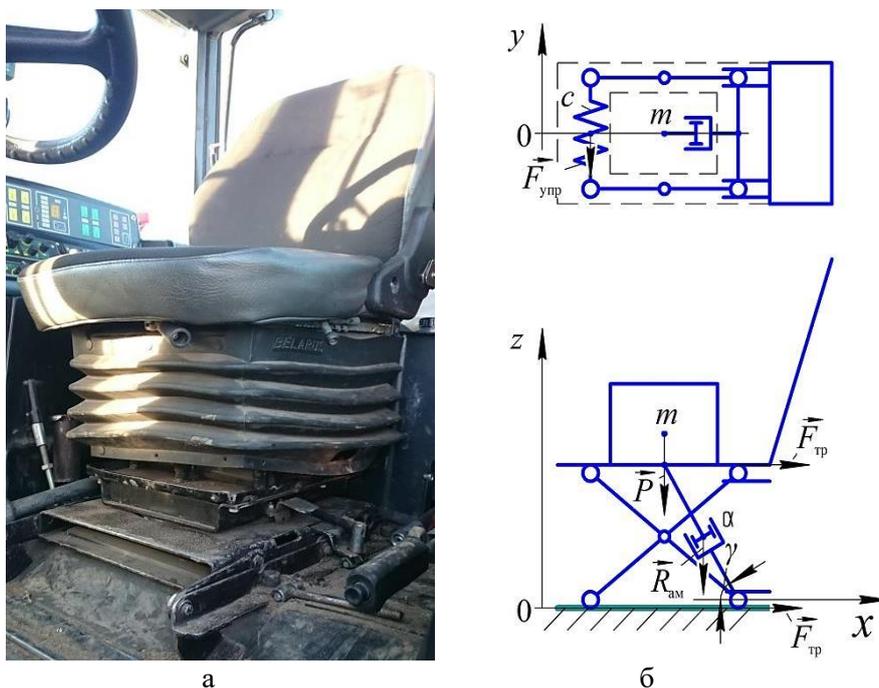


Рис. 1. Сиденье водителя 80-6800010, установленное в кабине колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1»: а – внешний вид сиденья водителя; б – расчетная схема колебаний масс сиденья водителя

Для разработки математической модели колебаний сиденья водителя при движении по неровностям опорной поверхности дороги колесного трактора используем основное уравнение динамики, которое в нашем случае (рис. 1, б) имеет вид:

$$m \cdot \vec{a} = \vec{P} + \vec{R}_{\text{ам}} + \vec{D} + \vec{F}_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где m – масса сиденья вместе с водителем, кг; \vec{a} – вектор ускорения, м/с²; \vec{P} – вектор силы тяжести сиденья вместе с водителем, Н; $\vec{R}_{\text{ам}}$ – вектор силы вязкого сопротивления амортизатора, Н; \vec{D} – вектор возмущающей силы со стороны профиля неровности опорной поверхности, Н; $\vec{F}_{\text{тр}}$ – вектор силы трения задних подвижных опор, Н.

Спроецировав уравнение (1) на вертикальную ось z , получим:

$$m \cdot a = -P - R_{\text{ам}} \cdot \sin \gamma + D - F_{\text{тр}}, \quad (2)$$

где γ – угол наклона амортизатора к полу кабины, рад.

Учитывая, что $a = \frac{d^2 z}{dt^2}$, $P = m \cdot g$, $R_{\text{ам}} = \alpha \cdot \frac{dz}{dt}$, $F_{\text{упр}} = c \cdot l$, $F_{\text{тр}} = f \cdot N = f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + m^2 \cdot g^2}$, $D = d \cdot (\mu + k \cdot \lambda \cdot \sin(\lambda \cdot t) - \mu \cdot \cos(\lambda \cdot t))$, уравнение (2) примет вид:

$$m \cdot \frac{d^2 z}{dt^2} = -m \cdot g - \alpha \cdot \frac{dz}{dt} \cdot \sin \gamma + d \cdot (\mu + k \cdot \lambda \cdot \sin(\lambda \cdot t) - \mu \cdot \cos(\lambda \cdot t)) - f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + m^2 \cdot g^2}, \quad (3)$$

где z – закон движения сиденья вместе с водителем колесного трактора, м; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения; α – коэффициент динамической вязкости амортизатора сиденья водителя, кг/с; d – средняя высота неровности опорной поверхности, м; μ – общая жесткость упругих элементов системы, Н/м; k – коэффициент вязкого сопротивления амортизатора сиденья водителя, Н·с/м; λ – частота, зависящая от длины неровности опорной поверхности и скорости движения колесного трактора вдоль оси x , с^{-1} ; f – коэффициент трения скольжения задних подвижных опор; N – сила реакции задних опор, Н; c – коэффициент жесткости пружины, расположенной по оси y , Н/м; $l = n \cdot \Delta l$ – величина деформации упругого элемента, зависящая от количества оборотов (n) регулировочного механизма, м; Δl – величина деформации одного оборота регулировочного механизма, м.

При составлении начальных условий вертикальную ось координат z приложим в начальное положение сиденья и начальную скорость примем равной нулю:

$$t_0 = 0, z_0 = 0, \left. \frac{dz}{dt} \right|_{t_0=0} = 0. \quad (4)$$

Решение уравнения (3) для скорости имеет вид:

$$\begin{aligned} v = & -\frac{1}{\alpha \cdot (\alpha^2 \cdot \cos^2(\gamma) - \lambda^2 \cdot m^2 - \alpha^2) \cdot \sin(\gamma)} \cdot \left\{ -\exp\left(-\frac{\alpha \cdot \sin(\gamma) \cdot t}{m}\right) \cdot \cos^2(\gamma) \cdot \sin(\gamma) \cdot C_1 \cdot \alpha^3 + \right. \\ & + \exp\left(-\frac{\alpha \cdot \sin(\gamma) \cdot t}{m}\right) \cdot C_1 \cdot \alpha^3 \cdot \sin(\gamma) + \exp\left(-\frac{\alpha \cdot \sin(\gamma) \cdot t}{m}\right) \cdot \sin(\gamma) \cdot C_1 \cdot \alpha \cdot \lambda^2 \cdot m^2 - \\ & - \cos^2(\gamma) \cdot \sin(\lambda \cdot t) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot k \cdot \lambda + \sin(\lambda \cdot t) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot k \cdot \lambda - m \cdot \cos(\lambda \cdot t) \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha + \\ & + \cos^2(\gamma) \cdot \cos(\lambda \cdot t) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu - \cos(\lambda \cdot t) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu - m \cdot \sin(\lambda \cdot t) \cdot d \cdot \lambda \cdot \mu \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha + \\ & \left. + \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} \cdot \cos^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f - \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} \cdot \alpha^2 \cdot f - \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} \cdot f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 - \right. \\ & \left. - \cos^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \cos^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m - \alpha^2 \cdot g \cdot m + d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu - g \cdot \lambda^2 \cdot m^3 \right\} \end{aligned} \quad (5)$$

Учитывая, что $1 - \cos^2(\gamma) = \sin^2(\gamma)$, упростим уравнение (5):

$$\begin{aligned} v = & \frac{1}{\alpha \cdot (\alpha^2 \cdot \sin^2(\gamma) + \lambda^2 \cdot m^2) \cdot \sin(\gamma)} \cdot \left\{ \sin^3(\gamma) \cdot C_1 \cdot \alpha^3 \cdot \exp\left(-\frac{\alpha \cdot \sin(\gamma) \cdot t}{m}\right) + \right. \\ & + \sin(\gamma) \cdot C_1 \cdot \alpha \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \exp\left(-\frac{\alpha \cdot \sin(\gamma) \cdot t}{m}\right) + \sin^2(\gamma) \cdot \sin(\lambda \cdot t) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot k \cdot \lambda - \\ & - m \cdot \cos(\lambda \cdot t) \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha - \sin^2(\gamma) \cdot \cos(\lambda \cdot t) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu - \\ & - m \cdot \sin(\lambda \cdot t) \cdot d \cdot \lambda \cdot \mu \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} - f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} + \\ & \left. + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m + d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu - g \cdot \lambda^2 \cdot m^3 \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

Подставим начальные условия (4) в уравнение (6) и найдем постоянную интегрирования C_1 :

$$\begin{aligned} C_1 = & \frac{1}{\sin(\gamma) \cdot \alpha \cdot \{\sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 + \lambda^2 \cdot m^2\}} \cdot (m \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \\ & + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} + f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} - \\ & - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m - d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu + g \cdot \lambda^2 \cdot m^3) \end{aligned} \quad (7)$$

Подставим найденную постоянную интегрирования (7) в уравнение (6). Найдем выражение для определения скорости движения сиденья вместе с водителем колесного трактора:

$$\begin{aligned}
v = & \frac{1}{\alpha \cdot (\alpha^2 \cdot \sin^2(\gamma) + \lambda^2 \cdot m^2) \cdot \sin(\gamma)} \cdot \left\{ \frac{1}{\sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 + \lambda^2 \cdot m^2} \cdot (m \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha + \right. \\
& + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} + f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} - \\
& \left. - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m - d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu + \right. \\
& + g \cdot \lambda^2 \cdot m^3) \cdot \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot \exp\left(-\frac{\alpha \cdot \sin(\gamma) \cdot t}{m}\right) + \frac{1}{\sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 + \lambda^2 \cdot m^2} \cdot (m \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha + \\
& + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} + f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} - \\
& \left. - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m - d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu + \right. \\
& + g \cdot \lambda^2 \cdot m^3) \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \exp\left(-\frac{\alpha \cdot \sin(\gamma) \cdot t}{m}\right) + \sin^2(\gamma) \cdot \sin(\lambda \cdot t) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot k \cdot \lambda - \\
& - m \cdot \cos(\lambda \cdot t) \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha - \sin^2(\gamma) \cdot \cos(\lambda \cdot t) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu - \\
& - m \cdot \sin(\lambda \cdot t) \cdot d \cdot \lambda \cdot \mu \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} - f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} + \\
& \left. + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m + d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu - g \cdot \lambda^2 \cdot m^3 \right\} \quad (8)
\end{aligned}$$

Найдем закон движения сиденья вместе с водителем колесного трактора, учитывая, что $z = \int v \cdot dt$:

$$\begin{aligned}
z = & \frac{1}{\alpha \cdot (\alpha^2 \cdot \sin^2(\gamma) + \lambda^2 \cdot m^2) \cdot \sin(\gamma)} \cdot \left\{ -\frac{m \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha}{\sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 + \lambda^2 \cdot m^2} \cdot (m \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha + \right. \\
& + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} + f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} - \\
& \left. - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m - d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu + \right. \\
& + g \cdot \lambda^2 \cdot m^3) \cdot \exp\left(-\frac{\alpha \cdot \sin(\gamma) \cdot t}{m}\right) - \frac{1}{\sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 + \lambda^2 \cdot m^2} \cdot (m \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha + \\
& + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} + f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} - \\
& \left. - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m - d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu + \right. \\
& + g \cdot \lambda^2 \cdot m^3) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot m^3}{\alpha \cdot \sin(\gamma)} \cdot \exp\left(-\frac{\alpha \cdot \sin(\gamma) \cdot t}{m}\right) - \sin^2(\gamma) \cdot \cos(\lambda \cdot t) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot k - \\
& - m \cdot \sin(\lambda \cdot t) \cdot d \cdot k \cdot \lambda \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha - \sin^2(\gamma) \cdot \frac{1}{\lambda} \sin(\lambda \cdot t) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \\
& + m \cdot \cos(\lambda \cdot t) \cdot d \cdot \mu \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} \cdot t - f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} \cdot t + \\
& \left. + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu \cdot t - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m \cdot t + d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu \cdot t - g \cdot \lambda^2 \cdot m^3 \cdot t \right\} + C_2 \quad (9)
\end{aligned}$$

Аналогично, из начальных условий (4), найдем постоянную интегрирования C_2 :

$$\begin{aligned}
C_2 = & \frac{1}{\alpha \cdot (\alpha^2 \cdot \sin^2(\gamma) + \lambda^2 \cdot m^2) \cdot \sin(\gamma)} \cdot \left\{ \frac{m \cdot \alpha \cdot \sin(\gamma)}{\sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 + \lambda^2 \cdot m^2} \cdot (m \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha + \right. \\
& + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} + f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} - \\
& \left. - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m - d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu + \right. \\
& + g \cdot \lambda^2 \cdot m^3) + \frac{1}{\sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 + \lambda^2 \cdot m^2} \cdot (m \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha + \\
& + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} + f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} - \\
& \left. - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m - d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu + \right. \\
& + g \cdot \lambda^2 \cdot m^3) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot m^3}{\alpha \cdot \sin(\gamma)} + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot k - m \cdot d \cdot \mu \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha \left. \right\} \quad (10)
\end{aligned}$$

Подставляя (10) в (9), окончательно получим выражение для z :

$$\begin{aligned}
z = & \frac{1}{\alpha \cdot (\alpha^2 \cdot \sin^2(\gamma) + \lambda^2 \cdot m^2) \cdot \sin(\gamma)} \cdot \left\{ \frac{m \cdot \alpha \cdot \sin(\gamma)}{\sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 + \lambda^2 \cdot m^2} \cdot (m \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha + \right. \\
& + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} + f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} - \\
& - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m - d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu + \\
& \left. + g \cdot \lambda^2 \cdot m^3 \right) \cdot \exp\left(-\frac{\alpha \cdot \sin(\gamma) \cdot t}{m}\right) - \frac{1}{\sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 + \lambda^2 \cdot m^2} \cdot (m \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha + \\
& + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} + f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} - \\
& - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m - d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu + \\
& + g \cdot \lambda^2 \cdot m^3) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot m^3}{\alpha \cdot \sin(\gamma)} \cdot \exp\left(-\frac{\alpha \cdot \sin(\gamma) \cdot t}{m}\right) - \sin^2(\gamma) \cdot \cos(\lambda \cdot t) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot k - \\
& - m \cdot \sin(\lambda \cdot t) \cdot d \cdot k \cdot \lambda \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha - \sin^2(\gamma) \cdot \frac{1}{\lambda} \cdot \sin(\lambda \cdot t) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \\
& + m \cdot \cos(\lambda \cdot t) \cdot d \cdot \mu \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} \cdot t - f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} \cdot t + \\
& + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu \cdot t - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m \cdot t + d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu \cdot t - g \cdot \lambda^2 \cdot m^3 \cdot t \} + \\
& + \frac{1}{\alpha \cdot (\alpha^2 \cdot \sin^2(\gamma) + \lambda^2 \cdot m^2) \cdot \sin(\gamma)} \cdot \left\{ \frac{m \cdot \alpha \cdot \sin(\gamma)}{\sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 + \lambda^2 \cdot m^2} \cdot (m \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha + \right. \\
& + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} + f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} - \\
& - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m - d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu + \\
& \left. + g \cdot \lambda^2 \cdot m^3 \right) + \frac{1}{\sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 + \lambda^2 \cdot m^2} \cdot (m \cdot d \cdot k \cdot \lambda^2 \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha + \\
& + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot f \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} + f \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \sqrt{c^2 \cdot l^2 + g^2 \cdot m^2} - \\
& - \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot \mu + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot g \cdot m - d \cdot \lambda^2 \cdot m^2 \cdot \mu + \\
& \left. + g \cdot \lambda^2 \cdot m^3 \right) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot m^3}{\alpha \cdot \sin(\gamma)} + \sin^2(\gamma) \cdot \alpha^2 \cdot d \cdot k - m \cdot d \cdot \mu \cdot \sin(\gamma) \cdot \alpha \}
\end{aligned} \tag{11}$$

В результате решения уравнения (3) с нулевыми начальными условиями (4) получены амплитуды и частоты колебаний сиденья вместе с водителем колесного трактора от различных параметров: масса сиденья и водителя, конструкция сиденья, характеристики опорной поверхности, жесткости пружин, типа амортизатора, конструкция опор крепления сиденья и т.д., что имеет огромное практическое применение в области снижения вибраций.

В данной математической модели используются допущения и связаны они с тем, что наша система является линейной и однородной. Это означает, что все параметры системы (масса, жесткость, коэффициент динамической вязкости, коэффициент трения и т. д.) постоянны и не зависят от времени. Также предполагается, что система имеет постоянную массу и находится в равновесии в начальный момент времени, а угол γ не зависит от вертикальных отклонений при колебаниях сиденья водителя колесного трактора.

Анализируя полученное уравнение (11), можно сделать вывод, что амплитуда колебания сиденья и характер колебательного движения очень сильно зависят от параметров коэффициента динамической вязкости амортизатора сиденья водителя α (например, при «пробои» амортизатора ($\alpha \rightarrow 0$) наблюдается чрезмерное раскачивание сиденья водителя колесного трактора), общей жесткости упругих элементов системы μ (оптимальный параметр $\mu = 460000 \pm 60000$ Н/м, для значений μ , не лежащих в данном диапазоне наблюдается большая амплитуда колебаний), коэффициента вязкого сопротивления амортизатора сиденья водителя k , коэффициент жесткости пружины c , величины деформации упругого элемента l и массы сиденья вместе с водителем m . Также на амплитуду колебаний сиденья водителя колесного трактора оказывает средняя высота неровности опорной поверхности d (чем не-

ровность больше, тем сильнее амплитуда раскачивания), однако, частота, зависящая от длины неровности опорной поверхности и скорости движения колесного трактора вдоль оси x λ влияет только на периодичность колебания сиденья водителя.

С учетом вышесказанного, для расчетной схемы колебаний масс сиденья водителя, изображенной на рис. 1, согласно формуле (11), были определены оптимальные конструктивные параметры для системы поддрессоривания сиденья водителя колесного трактора с учетом действия периодических неровностей синусоидального профиля дороги: $\alpha = 2000$ кг/с, $d = 0,09$ м, $\mu = 460000$ Н/м, $k = 3000$ Н·с/м, $\lambda = 0,207$ с⁻¹, $f = 0,29$, $c = 3500$ Н/м, $l = 0,21$ м, $\gamma = 0,464$ рад, $m = 114,12$ кг. Следует также отметить, что для определения параметров упругих элементов и амортизатора системы поддрессоривания сиденья водителя 80-6800010 были проведены статические испытания.

Кинематические характеристики колебаний с учетом данных параметров приведены на рис. 2.

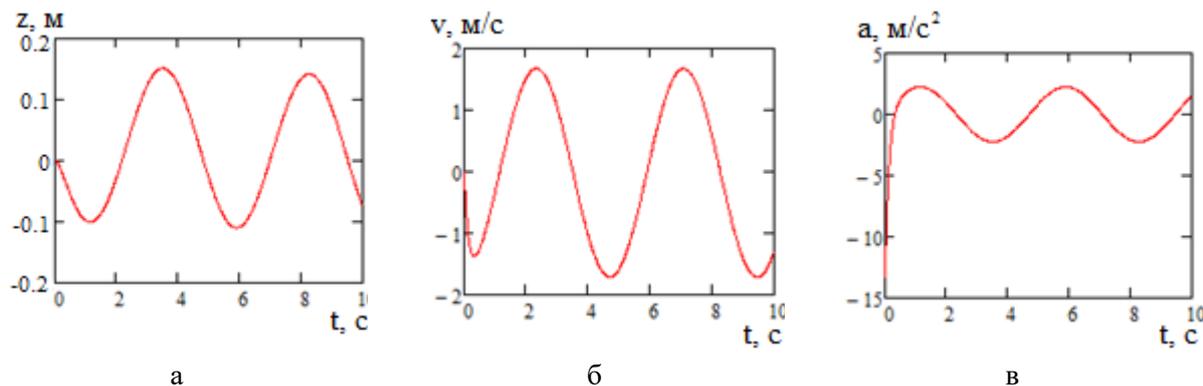


Рис. 2. Зависимость перемещения (а), скорости движения сиденья водителя 80-6800010 (б), ускорения (в) от времени

Из рис. 2 видно, что из-за действия возмущающей периодической силы, колебания с собственными частотами в течение короткого промежутка времени затухают (из рис. 2, в видно, что время установления составляет десятые доли секунды), и остаются лишь колебания, обусловленные действием возмущающей силы. Данные колебания, совершающиеся с частотой возмущающей силы и с постоянной амплитудой, и являются установившимися вынужденными колебаниями. Однако, из рис. 2, а видно, что данные колебания сиденья не симметричны относительно нуля (начального положения сиденья).

При передвижении колесного трактора по неровностям опорной поверхности часто возникают колебания с различными частотами, которые могут быть как неустановившимися, так и вынужденными вибрационными частотами. Однако, из-за оптимального выбора параметров и конструкции сиденья в нашем случае мы наблюдаем установившиеся вынужденные колебания, которые случаются сравнительно редко.

Заключение

Разработана математическая модель колебаний сиденья водителя 80-6800010 колесного трактора методом аналитической механики, которая позволила решить обратную задачу динамики – определение искомых кинематических характеристик движения сиденья водителя колесного трактора. Математическая модель позволила оценить оптимальные конструктивные параметры для системы поддрессоривания сиденья водителя колесного трактора с учетом периодических неровностей синусоидального профиля дороги для установления вынужденных колебаний, которые обусловлены лишь действием возмущающей силы.

Полученные результаты могут быть использованы при создании пассивных систем поддрессоривания сиденья водителя колесного трактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kravchenko, V. On the assessment of vibroloading of vehicle drivers in agricultural production / V. Kravchenko, L. Kravchenko, V. Oberemok // XIII International scientific and practical conference «State and prospects for the development of agribusiness – INTERAGROMASH 2020». – 2020. – Vol. 175. – P. 1–10.
2. Cvetanovic, B. Evaluation of whole-body vibration risk in agricultural tractor drivers / B. Cvetanovic, D. Zlatkovic // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2013. – Vol. 19 (5). – P. 1155–1160.
3. Линник, Д. А. Оценка эффективности существующей системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора при выполнении полевых работ / Д. А. Линник // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 2. – С. 161–166.
4. Investigation of the vibrations transmitted by agricultural tractor to the driver under operative conditions / L. Fornaciari, D. Pochi, G. Vassalini, F. Gallucci // Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems: International Conf., Ragusa, 15–17 Sept. 2008. – Italy, 2008. – P. 1–8.

5. Влияние жёсткости резины на виброизоляционные свойства резинометаллических опор кабины трактора / А. Ф. Безручко, В. Г. Костенич, И. И. Бондаренко и др. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 2. – С. 156–160.
6. IT-information technology and the human interface / A. Kumar, P. Mahajan, D. Mohan, M. Varghese // Journal of Agricultural Engineering Research. – 2001. – Vol. 80 (4). – P. 313–328.
7. Mogući zdravstveni efekti vibracija na vozače traktora i mere za njihovu prevenciju possible health effects of vibration on tractor drivers and preventiv measures / B. Prokeš, N. Mačvanin, L. Savin, M. Simikić, I. Lomen // Savremena poljoprivredna tehnika. – 2012. – Vol. 38 (3). – P. 243–253.
8. Whole body vibration exposure among the tractor operator during soil tillage operation: an evaluation using ISO 2631-5 standard / A. Singh, S. Samuel, H. Singh, J. Singh, C. Prakash, Y. K. Dhahi // Shock and Vibration. – Egypt: Hindawi, 2022. – P. 1–8.
9. Cutini, M. Whole-body vibration in farming: background document for creating a simplified procedure to determine agricultural tractor vibration comfort / M. Cutini, M. Brambilla, C. Bisaglia // Agriculture. – 2017. – Vol. 7, Is. 84. – 20 p.
10. Muzammil, M. Physiological effect of vibrations on tractor drivers under variable ploughing conditions / M. Muzammil, S. S. Siddiqui, F. Hasan // Journal of Occupation Health. – 2004. – Vol. 46. – P. 403–409.
11. Biodynamic response and spinal load estimation of seated body in vibration using finite element modeling / W. Wang, B. Bazrgari, A. Shirazi-Adl, S. Rakheja, Paul-Émile Boileau // Industrial Health. – 2010. – Vol. 48. – P. 557–564.
12. Liu, Y. Semi-active vibration isolation system with variable stiffness and damping control / Y. Liu, H. Matsuhisa, H. Utsuno // Journal of Sound and Vibration. – 2008. – Vol. 313. – P. 16–28.
13. Линник Д. А., Булгаков В. И. Математическая модель и программа моделирования колебаний масс колесного трактора с подрессоренной кабиной // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 122–127.
14. Линник Д. А., Пецевич В. М., Свистун А. Ч. Математическая модель опытного демпфера подвески кабины колесного трактора // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 139–143.
15. Мусафиров Э. В., Линник Д. А., Свистун А. Ч. Математическая модель колебаний сиденья водителя колесного трактора // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Сер. 6, Техника. – 2023. – Т. 13. – № 1. – С. 64–75.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПТИЧНИКА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

К. Л. ПУЗЕВИЧ, А. С. СИМЧЕНКОВ

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

А. И. ФИЛИППОВ

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь, e-mail: a.fil107@mail.ru

(Поступила в редакцию 17.06.2024)

С подорожанием энергетических ресурсов вопрос уменьшения энергозатрат приобрел особую остроту. Мощным средством резкого повышения уровня управления производством является внедрение автоматизированных систем управления (АСУ), базирующихся на современных научных достижениях в области теории адаптации, оптимального управления, применении экономико-математических методов, использовании средств вычислительной техники, охватывающих сферу организационного управления, технологические процессы и производство. Процесс создания микроклимата, как наиболее энергоемкий в структуре энергозатрат промышленного птичника мясного направления. Действие параметров среды на биологический объект осуществляется, в частности, через технический объект. Из экспериментальных исследований и исследований физиологов установлено, что биологический объект нелинейный, многомерный, нестационарный, обладает многосвязностью. Технический объект, то есть промышленный зал, имеет большую пространственную распределенность, пространственные поля с разнообразными параметрами микроклимата, инерционный, многосвязный. Изменение большинства факторов, действующих на такую биотехническую систему, носит случайный характер. В частности, температурные режимы в техническом объекте, в различных пространственных полях. Поддержание санитарно-гигиенических норм воздушной среды на птицеферме невозможно без организации общей вентиляции. При создании математической модели вентиляции в птичнике начнем с составления материального баланса вредных веществ в птичнике. Важным фактором этого является расход воздуха, поступающий в помещение птичника для вентиляции. Этот параметр используется не только по каналу регулирования температуры, но и по каналу регулирования частоты воздуха в помещении. И здесь он является параметром управления. Расход воздуха рассчитывается в зависимости от многих вредных факторов, поступающих в воздух: влаги, углекислого газа, метана и др., но для регулирования выбирают тот фактор, который дает наибольшее значение воздухообмену. Таким параметром является влагосодержание воздуха в помещении. Проведено исследование птичника мясного направления как объекта управления температурным режимом, разработана математическая модель птичника как теплового объекта, из которой получена передаточная функция. Для экономии энергоресурсов была разработана математическая модель рекуператора, которая показала свою эффективность.

Ключевые слова: птичник, техническое обеспечение, микроклимат, система автоматического регулирования.

With the rise in price of energy resources, the issue of reducing energy costs has become especially acute. A powerful means of sharply increasing the level of production management is the introduction of automated control systems (ACS) based on modern scientific achievements in the field of adaptation theory, optimal control, application of economic and mathematical methods, use of computer technology, covering the sphere of organizational management, technological processes and production. The process of creating a microclimate is the most energy-intensive in the structure of energy costs of an industrial poultry house for meat production. The effect of environmental parameters on a biological object is carried out, in particular, through a technical object. From experimental studies and studies of physiologists it has been established that a biological object is nonlinear, multidimensional, non-stationary, has multi-connectivity. A technical object, that is, an industrial hall, has a large spatial distribution, spatial fields with various microclimate parameters, inertial, multi-connected. Changes in most factors affecting such a biotechnical system are random, in particular, temperature conditions in a technical object, in various spatial fields. Maintaining sanitary and hygienic standards of the air environment on a poultry farm is impossible without organizing general ventilation. When creating a mathematical model of ventilation in a poultry house, we will start with drawing up a material balance of harmful substances in the poultry house. An important factor in this is the air flow rate entering the poultry house for ventilation. This parameter is used not only through the temperature control channel, but also through the air frequency control channel in the room. And here it is a control parameter. Air flow rate is calculated depending on many harmful factors entering the air: moisture, carbon dioxide, methane, etc., but for regulation, the factor that gives the greatest value to air exchange is selected. Such a parameter is the moisture content of the air in the room. A study of a meat poultry house as an object of temperature control was conducted, a mathematical model of the poultry house as a thermal object was developed, from which a transfer function was obtained. To save energy resources, a mathematical model of a recuperator was developed, which has proven its effectiveness.

Key words: poultry house, technical support, microclimate, automatic control system.

Введение

Основу птицеводства мясного направления составляют крупные птицефабрики промышленного типа, удельный вес которых в производстве мяса превышает 60 %. На сегодняшний день значитель-

ный процент промышленного мяса производится в птичниках напольного содержания птицы (около 50 %). Напольное содержание является значительно более выгодным с экономической точки зрения по сравнению с другими видами содержания. Тем не менее, с технологической точки зрения, птичник напольного содержания является чрезвычайно сложным объектом. Высокая концентрация птицы, средств производства, наличие агрессивной среды, технологические особенности производства – все это влияет на качество управления. Эффективное управление значительными мощностями традиционными методами является чрезвычайно сложной задачей, а иногда и вообще, неразрешимой. Построить адекватную математическую модель процессов, протекающих в птичнике в процессе функционирования, в таких условиях чрезвычайно трудно. Построить управление таким объектом на основе моделей, учитывающих все его особенности, на технической базе предприятия еще труднее.

Перерасход энергоресурсов, при поддержании заданного уровня температуры, напрямую зависит от качества управления. Управление энергетическими потоками, поддерживающими заданную температуру в птичнике, происходит по определенным законам. Именно от выбранного закона управления, полноты информации о текущих процессах зависят качество управления.

Промышленный птичник мясного направления является сложным объектом регулирования со многими неопределенными связями. Соответственно при разработке АСУ, организации и проведении экспериментальных исследований объекта регулирования необходимо отводить важное место. Анализ объекта регулирования осложняется также тем, что технологические процессы в птичнике, которые обеспечивают получение планового количества мяса, проходят не при постоянных режимах, что объясняется наличием значительного количества случайных возмущений. При этом необходимо также отметить, что для такого объекта регулирования общее число параметров, принимаемое во внимание при расчете управляющих сигналов, достаточно велико.

Объектом регулирования является сложная биотехническая система, на которую действуют три группы факторов: технологические операции (кормление и т.д.); совокупность параметров микроклимата (температура, влажность, загазованность, освещенность и др.); физиологические факторы (возраст птицы, порода, продуктивность, стресс и т. д.). Кроме того, на объект действуют постоянные случайные возмущения, каждое из которых существенно влияет на качество исходной величины [1].

Цель работы: создание системы автоматического управления температурным режимом с использованием современной элементной базы и энергоэффективных алгоритмов работы для уменьшения энергозатрат на создание микроклимата в промышленных птичниках.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- анализ характеристик информационных потоков в птичнике и разработка на их базе имитационной модели теплового обмена;
- разработка математической модели и схемы рекуператора тепла воздуха, выходящего из птичника;
- обоснование и выбор современных технических средств автоматики с учетом регулирования рекуперированного воздуха;
- оценка устойчивости и качества работы САР;
- разработка энергоэффективных алгоритмов работы оборудования для создания микроклимата;
- оценка экономической эффективности внедрения разработанной САР.

Эти задачи сформулированы на основе анализа работ, посвященных созданию микроклимата в промышленных птичниках и современных мировых тенденций энергетической оценки производства продукции.

Основная часть

Действие параметров среды на биологический объект осуществляется, в частности, через технический объект. Из экспериментальных исследований и исследований физиологов установлено, что биологический объект нелинейный, многомерный, нестационарный, обладает многосвязностью. Технический объект, то есть промышленный зал, имеет большую пространственную распределенность, пространственные поля с разнообразными параметрами микроклимата, инерционный, многосвязный. Изменение большинства факторов, действующих на такую биотехническую систему, носит случайный характер. В частности, температурные режимы в техническом объекте, в различных пространственных полях [2, 3].

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования

технологического процесса, оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации.

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса, оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации (в т. ч. средствами телемеханики и вычислительной техники) [4, 5].

Общие принципы разработки функциональных схем автоматизации [6, 7, 8]:

1. Уровень автоматизации технологического процесса в каждый период времени должен определяться не только целесообразностью внедрения определенного комплекса технических средств, но и перспективой модернизации и развития технологических процессов. Необходимо сохранить возможность наращивания функций управления.

2. При разработке функциональных и других схем автоматизации и выборе технических средств необходимо учитывать:

– вид и характер технологического процесса, условия пожаро- и взрывоопасности, агрессивность и токсичность окружающей среды и т.п.;

– параметры и физико-химические свойства измеряемой среды;

– расстояние от мест установки датчиков, вспомогательных устройств, исполнительных механизмов, приводов машин и запорных органов до пунктов управления и контроля;

– необходимую точность и быстродействие средств автоматизации.

3. Система автоматизации технологических процессов должна быть построена, как правило, на базе унифицированных средств автоматизации и вычислительной техники, выпускаемых серийно и характеризующихся простотой сопряжения, взаимозаменяемостью, удобством компоновки на щитах управления. Использование однотипной аппаратуры дает значительные преимущества при монтаже, наладке, эксплуатации, обеспечении запчастями и др.

4. В качестве локальных средств сбора и накопления первичной информации (автоматических датчиков), вторичных приборов, регулирующих и исполнительных устройств необходимо использовать преимущественно приборы и средства автоматизации государственной системы промышленных приборов или сертифицированные для использования на территории Беларуси.

5. В случаях, когда функциональные схемы автоматизации не могут быть построенными на базе только серийного оборудования, в процессе проектирования выдаются соответствующие технические задачи на разработку новых средств автоматизации.

6. Выбор средств автоматизации, использующих вспомогательную энергию (электрическую, пневматическую и гидравлическую), определяется условиями пожаро- и взрывоопасности автоматизируемого объекта, агрессивности окружающей среды, требованиями к быстродействию, удаленности передачи сигналов информации и управления и т.д.

7. Количество приборов, аппаратуры управления и сигнализации, устанавливаемой на оперативных щитах и пультах, должно быть ограничено. Избыточное количество аппаратуры усложняет эксплуатацию, отвлекает внимание обслуживающего персонала от наблюдения за основными приборами, определяющими течение технологического процесса, увеличивают стоимость установки и сроки монтажных и наладочных работ. Приборы и средства автоматизации вспомогательного назначения целесообразно размещать на отдельных щитах, которые располагаются в производственных помещениях вблизи технологического оборудования.

Результатом составления функциональных схем является [9, 10, 11]:

– выбор методов измерения технологических параметров;

– выбор основных технических средств автоматизации, наиболее полно отвечающих требованиям и условиям работы автоматизируемого объекта;

– определение типа привода исполнительных механизмов, автоматически или дистанционно управляющих регулируемыми и запорными органами технологического оборудования;

– размещение КТЗ автоматизации на щитах, пультах, технологическом оборудовании и трубопроводах и т.п., определение способов отображения информации о состоянии технологического процесса и оборудования.

Система работает следующим образом.

Вытяжные вентиляторы, вмонтированные в стены птичника, работают постоянно. При этом в помещении создается разрежение, благодаря чему через приточные шахты в середину птичника попадает воздух из окружающей среды, чем обеспечивается необходимый воздухообмен.

В зависимости от значения температуры в середине птичника (датчик температуры Тэ (1в), авто-

матическое управляющее устройство TIRC (1C) формирует сигналы управления исполнительными механизмами - магнитными пускателями NS (1U), которые включают теплогенераторы, и частотным преобразователем SIC (1I), благодаря которому увеличивается или уменьшается скорость вращения вытяжных вентиляторов.

Если значение температуры в помещении больше необходимого значения, частотный преобразователь SIC (1I) увеличивает скорость вращения вытяжных вентиляторов, увеличивая кратность вентиляции и уменьшая тем самым температуру в птичнике. Частотный преобразователь настроен таким образом, чтобы минимальная скорость вращения вентиляторов обеспечивала минимальную кратность воздухообмена, необходимую для нормальной жизнедеятельности птицы.

В зависимости какая температура воздуха в рекуператоре Тэ (1г) автоматическое управляющее устройство TIRC (1C), формирует сигнал управления исполнительным механизмом магнитным пускателем NS (1н) который включает электропривод заслонки.

Если значение температуры в птичнике уменьшается ниже необходимого значения, автоматическое управляющее устройство формирует сигнал управления теплогенераторами.

Процессы, протекающие в промышленных птичниках, конечно, описываются нелинейными дифференциальными уравнениями, параметры которых зависят от входных и выходных воздействий. Как правило, для большинства процессов отсутствует полное априорное математическое описание, что существенно усложняет управление процессом и требует решения задачи идентификации. Применение нелинейных моделей в системах управления ограничено, из-за трудности реализации их на ЭВМ.

Поддержание санитарно-гигиенических норм воздушной среды на птицеферме невозможно без организации общей вентиляции. При создании математической модели вентиляции в птичнике начнем с составления материального баланса вредных веществ в птичнике. Важным фактором этого является расход воздуха, поступающий в помещение птичника для вентиляции. Этот параметр используется не только по каналу регулирования температуры, но и по каналу регулирования частоты воздуха в помещении. И здесь он является параметром управления. Расход воздуха рассчитывается в зависимости от многих вредных факторов, поступающих в воздух: влаги, углекислого газа, метана и др., но для регулирования выбирают тот фактор, который дает наибольшее значение воздухообмену. Таким параметром является влагосодержание воздуха в помещении.

С помощью математической модели, построенной в среде Simulink, получена зависимость затрат энергоресурсов от возраста биологического объекта и от природных факторов. Данные по опытам представлены в виде графиков (рис. 1).

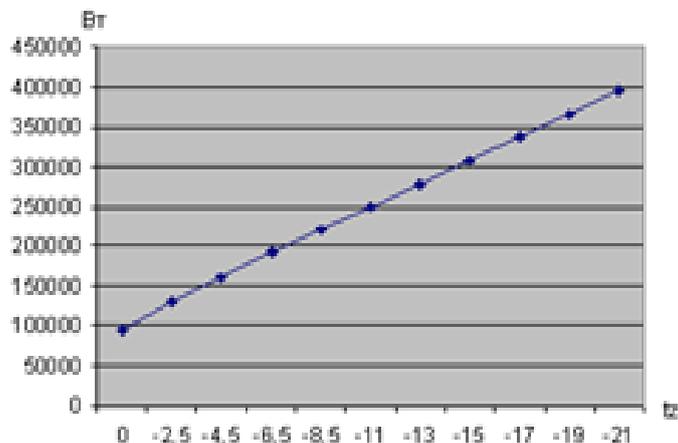


Рис. 1. Зависимость расхода тепла на нагрев птичника от температуры на улице, до установки на объект теплообменника

Из графика переменной постоянной времени нагрева мы можем увидеть, за какое время ОУ выходит в устоявшийся режим в зависимости от возраста биологического объекта, данный график изображен на рис. 2.

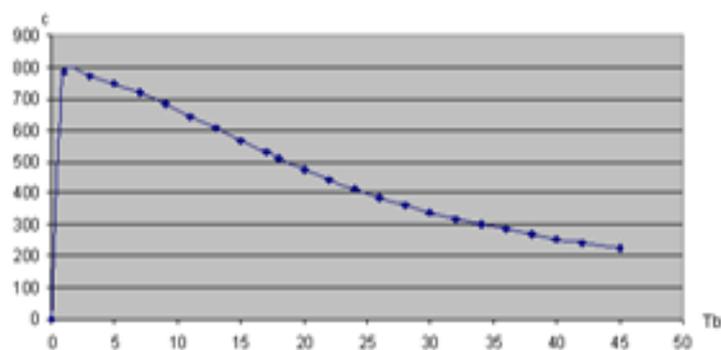


Рис. 2. График изменения устойчивого времени нагрева от возраста бройлеров

Из полученных результатов мы можем проследить как меняется расход вентиляционного воздуха в зависимости от возраста бройлеров, данный график изображен на рис. 3.

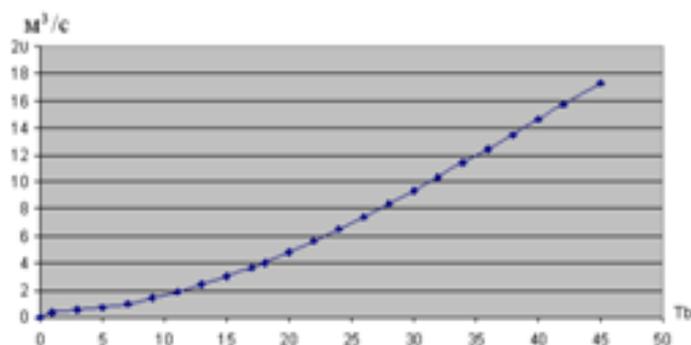


Рис. 3. График расхода вентиляционного воздуха в зависимости от возраста бройлеров

Зависимости нагрева от возраста бройлеров, потери, суммарной нагрев, представлены на рис. 4.

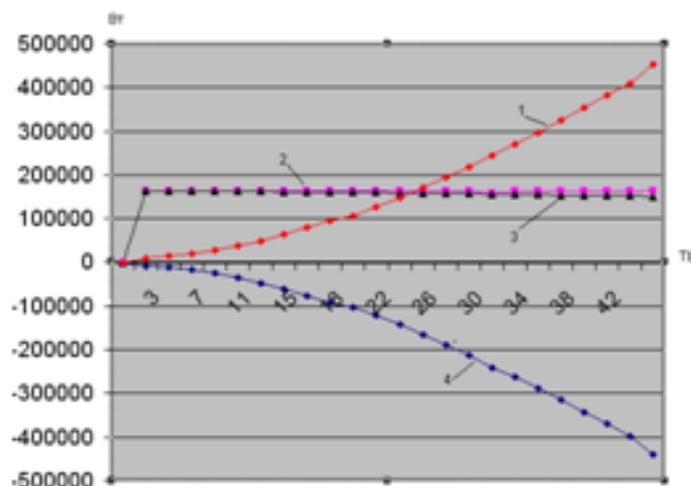


Рис. 4. Зависимости нагрева от возраста бройлеров:

1 – выделение тепла бройлерами, в зависимости от их возраста; 2 – зависимость дополнительного нагрева от возраста бройлеров; 3 – суммарная зависимость нагрева от возраста бройлеров; 4 – зависимость потерь тепла

Проведя ряд исследований с изменением возраста бройлеров в промежутке от 1-го до 45-ти дней можно сделать вывод, что с возрастом биологический объект набирает вес, и при увеличении веса увеличивается его тепловыделение, также увеличивается влажное выделение. В этом случае уменьшаются затраты на дополнительный нагрев, но увеличивается объем вентиляционного воздуха, но с этим увеличением объема увеличиваются потери тепла.

Проанализировав полученные данные, можно прийти к следующему выводу: чтобы уменьшить затраты на нагрев и минимизировать потери целесообразным будет использование теплообменника. Принцип его действия будет заключаться в том, что теплый воздух, который выдувается из птичника, будет использоваться для нагрева воздуха, поступающего с улицы. Таким образом, минимизируются затраты на использование энергоресурсов.

Заключение

Проведено исследование птичника мясного направления как объекта управления температурным режимом, разработана математическая модель птичника как теплового объекта, из которой получена передаточная функция. Для экономии энергоресурсов была разработана математическая модель рекуператора, которая показала свою эффективность.

Для реализации системы автоматического управления температурным режимом в птичнике предложены функционально-технологическая и функционально-структурная схемы САУ, обоснован выбор современного КТЗ автоматики, в частности выбрано промышленное устройство частотного регулирования серии с100/200, и разработана электрическая принципиальная схема системы управления на базе микроконтроллера ICP CON 8837, разработанное программное обеспечение. Предложен энергосберегающий алгоритм работы тепловентиляционного оборудования в зависимости от температуры окружающей среды.

При исследовании показателей качества работы САУ установлено, что система является устойчивой, время регулирования составляет 275 с.

Расчет экономической эффективности показал, что внедрение разработанной системы является целесообразным, себестоимость продукции снизится на 4,76 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бронфман, Л. И. Воздушный режим птицеводческих помещений. – М.: Россельхозиздат, 1974. – 144 с.
2. Бабаханов Ю. М., Степанова Н. А. Оборудование и пути снижения энергопотребления систем микроклимата. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 232 с.
3. Бесекерский, В. А. Цифровые автоматические системы. – М.: Наука, 1976. – 567 с.
4. Иванов Р. А., Шапировский М. Р. Адаптивные системы управления с моделями // Серия техническая кибернетика. – 1985. т. 18. – С. 210–240.
5. Изерман Р. Цифровые системы управления. – М.: Мир, 1984. – 541 с.
6. Красовский А. А. Универсальные алгоритмы оптимального управления непрерывными процессами. – М. 1977. – 272 с.
7. Клещев Е. Ф. Алгоритмы и техника измерений // КИП. – К., 1988. – 108 с.
8. Пчелкин Ю. Н., Сорокин А. И. Устройства и оборудование для регулирования микроклимата в животноводческих помещениях. – М., 1977. – 216 с.
9. Смилянский Г. Л. Какая АСУ эффективна? (Руководителю об автоматизированных системах управления). – М.: Экономика, 1988. – 303 с.
10. Франц Дж., Торнли Дж. Математические модели в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.
11. Мартыненко И. И., Лысенко В. Ф. Проектирование систем автоматики. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 243 с.

ВЛИЯНИЕ СКАРИФИКАЦИИ СЕМЯН ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ НА ПОСЕВНЫЕ СВОЙСТВА

Д. А. МИХЕЕВ, К. А. МАЧЁХИН

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

(Поступила в редакцию 17.06.2024)

Один из показателей, влияющих на выпуск животноводческой продукции АПК, является обеспеченность кормами. Перспективной кормовой культурой для рациона кормления КРС является галега восточная. Зелёная масса галеги богата витаминами, каротином, содержит все нужные аминокислоты, много лейцина и лизина, сахарный минимум 5–6 %. Однако на наличие у семян галеги восточной твердокаменной оболочки ведет к потере урожая зеленой массы, этот фактор негативно влияет на масштабное использование этой культуры в рационах кормления КРС.

В учреждении образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» проводятся научные исследования по изучению влияния скарификации семян на посевные качества галеги восточной. В статье представлены результаты научных исследований влияния механической скарификации семян галеги восточной на ее посевные свойства.

Скарификация семян является перспективным способом предпосевной обработки семян, имеющих твердокаменную оболочку, которая есть в том числе и у семян галеги. Доказана эффективность скарификации семян галеги с целью увеличения всхожести, что также ведет к использованию меньшего количества посевного материала. Полученные результаты позволят оптимально подобрать режим работы скарификатора семян. В последующем это даст возможность создать скарификатор семян, который будет запущен в серийное производство с последующей реализацией в хозяйства страны.

Ключевые слова: *галега, скарификатор семян, повреждение, твердокаменность, всхожесть.*

One of the indicators affecting the output of livestock products in the agro-industrial complex is the availability of feed. A promising forage crop for the cattle feeding ration is Galega orientalis. The green mass of galega is rich in vitamins, carotene, contains all the necessary amino acids, a lot of leucine and lysine, and a sugar minimum of 5–6 %. However, the presence of a hard shell in the seeds of Galega orientalis leads to a loss of the yield of green mass, this factor negatively affects the large-scale use of this crop in cattle feeding rations.

In the educational institution "Belarusian State Order of the October Revolution and the Red Banner of Labor Agricultural Academy" scientific research is being conducted to study the effect of seed scarification on the sowing qualities of eastern galega. The article presents the results of scientific research on the effect of mechanical scarification of eastern galega seeds on its sowing properties. Seed scarification is a promising method of pre-sowing treatment of seeds with a hard shell, which is also present in galega seeds. The effectiveness of scarification of galega seeds in order to increase germination has been proven, which also leads to the use of less seed material. The results obtained will allow the optimal selection of the seed scarifier operating mode. Subsequently, this will make it possible to create a seed scarifier, which will be launched into serial production with subsequent sale to farms in the country.

Key words: *galega, seed scarifier, damage, hard shell, germination.*

Введение

Основной стратегической целью агропромышленного комплекса является обеспечение населения основными продуктами питания собственного производства, по доступным ценам для населения. Приоритетным направлением в данном случае является отрасль животноводства. Следует выделить слабые места в этой отрасли и рассмотреть пути снижения их отрицательного влияния на рентабельность производства. В проблеме обеспечения населения продуктами животноводства главным является система кормопроизводства, заготовки и использования кормов.

Многолетние травы – наиболее низкзатратный компонент кормопроизводства. Получение высококачественного урожая зеленой массы во многом зависит от посевного материала. Кроме генетического потенциала семян очень важным является предпосевная обработка, которая включает в себя целый перечень операций, позволяющих максимально раскрыть потенциал семян. Предпосевная обработка семян является одной из важных предпосылок рентабельного производства сельскохозяйственных культур.

Положительной особенностью галеги восточной является способность формировать более высокую по сравнению с клевером луговым и люцерной урожайность семян, которая может достигать 16,0 ц/га. На сегодняшний день урожайность семян галеги восточной в хозяйствах страны в среднем составляет 3...8 ц/га. Это свидетельствует о том, что потенциал этой культуры до конца не раскрыт, и есть возможности увеличить урожайность галеги восточной. Поэтому для организации эффективного семеноводства и кормопроизводства в Республике Беларусь можно успешно производить семена галеги восточной с высокими сортовыми и посевными качествами, а также расширять посевные площади под отечественными сортами, включая сорт Нестерка, селекции УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (г. Горки, Республика Беларусь) [1].

Цель исследований – определить степень влияния механической скарификации семян на посевные

свойства галеги восточной.

При выращивании многолетних трав важное значение имеет качество семян, а именно состояние их оболочки. В среднем около 10...15 % семян бобовых трав имеют труднопроницаемую для воды и воздуха оболочку, которая препятствует их набуханию в почве. Как следствие семена с такой оболочкой позже всходят и дают меньший урожай, а при недостаточной влажности почвы вообще не всходят. Наличие плотной оболочки приводит к торможению всходов и безвозвратной потере части высеянных семян бобовых культур. Кроме того, неравномерные всходы значительно снижают урожайность и общую продуктивность растительной массы.

Для предотвращения негативного влияния плотной оболочки семян на рост и развитие растения необходимо перед посевом выполнить скарификацию, т. е. частично разрушить твердую оболочку семян, под действием термического, механического или химического воздействия.

В результате скарификации на твердой оболочке семян образуются царапины и трещины, через которые проходит влага и воздух, вследствие чего семена быстрее набухают и прорастают. Всхожесть семян и скорость их прорастания при этом существенно увеличивается. Получаемые всходы выравниваются и дают больший урожай [2].

Различают следующие способы скарификации:

- 1) механический – скарификация семян;
- 2) химический – семена обрабатываются кислотой;
- 3) термический – семена прогреваются и промораживаются;
- 4) ультразвуковой – семена обрабатываются в ультразвуковом поле [3].

Существуют различные мнения ученых по поводу эффективности и преимущества того или иного способа скарификации.

Бразильские ученые провели опыт с семенами леуцены светлоголовчатой различными способами скарификации с четырьмя повторностями. Семена подвергались механической (наждачной бумагой Р100), химической (погружением в концентрированную кислоту H_2SO_4 95%) и термическую (погружение в горячую воду 80 °С) с временным интервалом в пределах 5...20 минут с шагом в 5 минут. Наибольшую эффективность показала механическая скарификация, увеличив всхожесть семян до 98 %, в свою очередь семена, подверженные химической и термической обработке, показали схожий результат, который составил около 90 % [4].

Испанские исследователи, проводившие эксперименты с бобовыми культурами отдали предпочтение термической обработке для культуры *Trifolium subterraneum* из-за невозможности проведения механической скарификации, так как семена имеют слишком малый размер [5].

Южноафриканские ученые в ходе исследований получены данные, говорящие о преимуществах механической обработки. В качестве альтернативы механической скарификации проводилась термическая скарификация и замачивание семян в горячей воде, однако такая обработка семян не показала достаточно хороших результатов [6].

Классифицируют также скарификацию ультразвуковую скарификацию – использование электромагнитного поля сверхвысокой частоты относится к энергосберегающим и экологически чистым технологиям, которые позволяют одновременно осуществлять тепловое и электрическое действие на семенной материал.

СВЧ обработка основана на разделении свойств сухих семян и воды. При электромагнитной обработке таких семян происходит избирательный нагрев увлажненных микроорганизмов, так как из-за высокой скорости нагрева температура любого биообъекта независимо от его величины растет пропорционально проценту его влажности. У твердосемянных культур вода не попадает внутрь семени, поэтому не происходит избирательный нагрев.

Для семян с твердой оболочкой, таких, как у многолетних бобовых трав, семена целесообразно сначала скарифицировать, то есть нарушить целостность оболочки для облегчения попадания влаги внутрь семени. Создать трещины в кожуре семени нужно так, чтобы не повредить жизнеспособность семенного материала. Для этого надо создать условия для ускоренного поступления воды внутрь семени и обеспечить поточную обработку. Достичь таких условий возможно при помощи обработки семян ультразвуком. Воздействие происходит за счет ударной волны при захлопывании кавитационных каверн в жидкости. Гидродинамические потоки и микропотоки вокруг неровностей на границе твердого тела – жидкость помогают убрать слой кутикулы на поверхности семени, что способствует попаданию влаги в семенной материал [7].

Стоит отметить, что в промышленных масштабах термическая и химическая скарификация применяется достаточно редко, а чаще используется механическая скарификация. Это связано с большими затратами энергии при термической скарификации, и опасными для человека химическими компонентами, используемыми при химической скарификации. Кроме этого, механическая скарификация позволяет эффективно контролировать технологический процесс. Механическая скарификация позволяет обрабатывать большие партии семенного материала, при проведении скарификации ис-

пользуя высокопроизводительные технические средства – скарификаторы семян.

Для достижения максимального эффекта от скарификации семян необходимо предварительно определить степень и продолжительность воздействия на оболочку твердокаменных семян. Для этого необходимо индивидуально для каждой культуры провести серию экспериментов. Это необходимо сделать потому, что избыточное воздействие на оболочку может повредить семена и они погибнут, а недостаточное воздействие не окажет значительного эффекта.

Основная часть

Нами предлагается экспериментальный метод исследования влияния механической скарификации семян галеги восточной на ее посевные свойства. В качестве объекта исследования были выбраны семена галеги восточной с разной степенью повреждения оболочки.

Скарифицированные семена исследовались в аккредитованной лаборатории качества семян УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

В экспериментальных исследованиях были использованы семена галеги восточной, произведенные в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (г. Горки, Республика Беларусь). Из партии семян в соответствии с ГОСТ 13586.3-83 «Правила приемки и методы отбора проб» была отобрана средняя проба. Далее образцы из общей массы были разделены на отдельные части по 100 зерен, которые в дальнейшем подвергались механической скарификации с разными временными интервалами. Для достижения разной степени травмируемости оболочки семян и последующего определения посевных свойств семян.

Эксперимент проводили в следующей последовательности. На плоскую поверхность выкладывались отобранные семена в один слой. Далее семена подвергались воздействию абразивного материала с заданным временным интервалом. В качестве абразивного материала выступала наждачная бумага зернистостью Р60 зафиксированная на бруске.

В следствии возврата поступательных движений бруска по семенам с ручным усилием на их поверхности образовывались повреждения. Степень повреждения семян увеличивалась по мере более длительного воздействия абразивного материала. В результате чего были получены семена с разной степенью повреждения оболочки (рис. 1.), полученные результаты представлены в таблице.



Рис. 1. Семена галеги восточной с разной степенью скарификации:

- а) без обработки; б) травмированность оболочки 1,3 %; в) травмированность оболочки 7,2 %;
г) травмированность оболочки 8,3 %; д) травмированность оболочки 9,1 %; е) травмированность оболочки 9,5 %;
ж) травмированность оболочки 14,6 %; з) травмированность оболочки 15,2 %; и) травмированность оболочки 19 %

Таблица 1. Результаты испытаний при средней влажности семян 7,5 %

№	Время обработки	Травмированность оболочки, %	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Чистота семян, %
1	0	1	55	65	98,9
2	15	1,3	79	90	98,6
3	30	7,2	65	88	98,3
4	45	8,3	62	78	98,6
5	60	9,1	52	68	98,5
6	75	9,5	47	65	98,9
7	90	14,6	40	62	98,3
8	105	15,2	55	65	98
9	120	19	30	56	98,1

По полученным экспериментальным данным были построены графики зависимости степени повреждения семян от времени обработки абразивным материалом (рис. 2), энергии прорастания и лабораторной всхожести от степени травмированности оболочки (рис. 3).

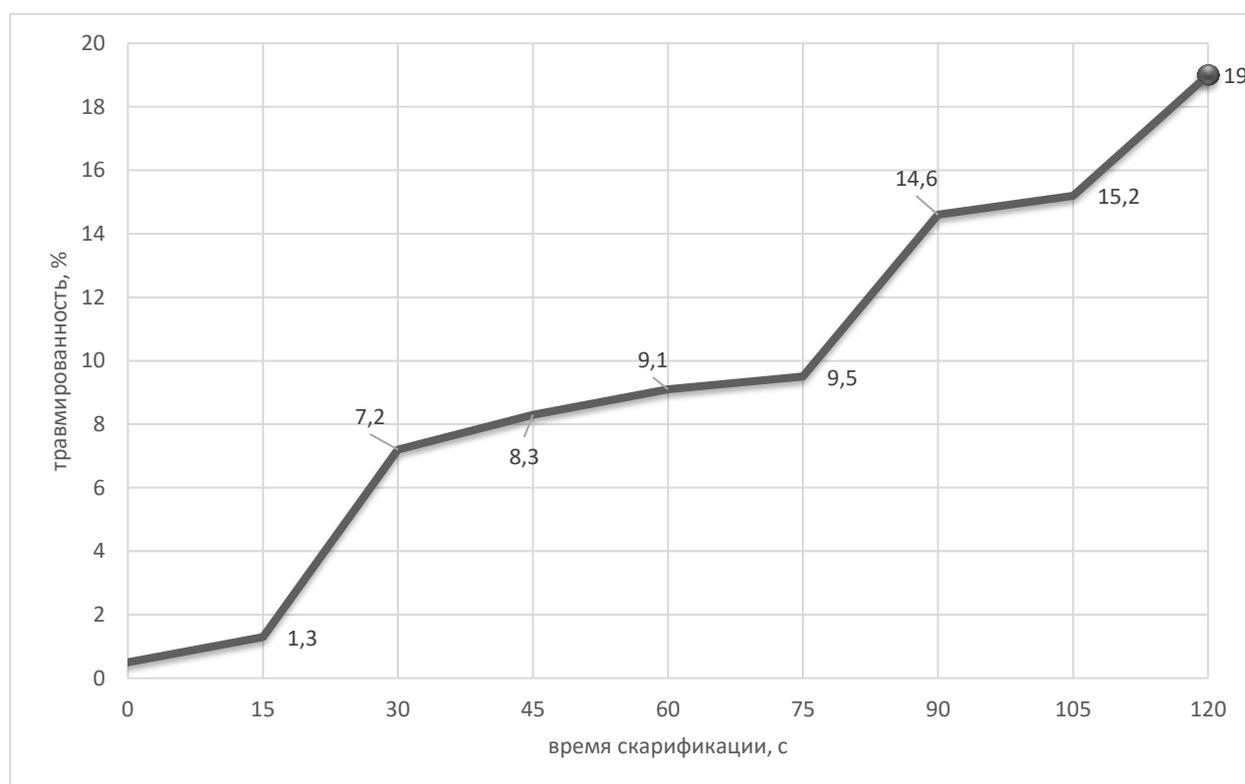


Рис. 2. График зависимость степени повреждения семян от времени скарификации

Анализируя зависимость, представленную на рис. 2, можно сделать вывод, что травмируемость семян резко возрастает на участке от 15 до 30 секунд, затем идет равномерное увеличение с небольшими колебаниями до значения 75 сек., а затем опять резкое увеличение до 90 сек.

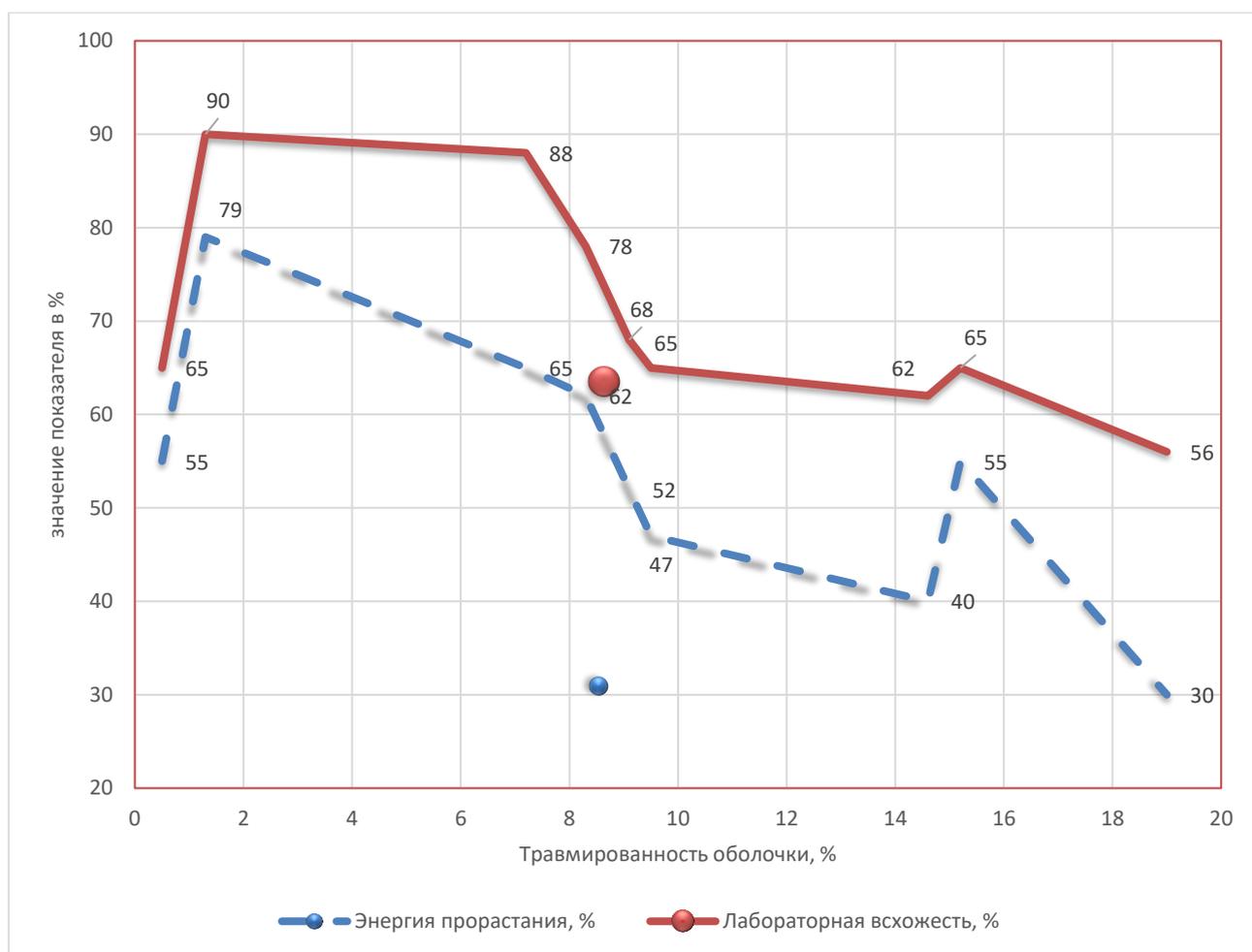


Рис. 3. График зависимости энергии прорастания и лабораторной всхожести от степени травмированности оболочки

Анализируя зависимость, представленную на рис. 3, можно сделать вывод, что травмированность семян значительно влияет на энергию прорастания и лабораторную всхожесть. Увеличение энергии прорастания по сравнению с базовым вариантом наблюдается в интервале 0...45 сек., достигая максимума при 15 сек. (травмированность 1,3 %). При дальнейшей обработке семян абразивным материалом с тем же усилием свыше 45 сек. наблюдается постепенное снижение энергии прорастания.

Увеличение лабораторной всхожести по сравнению с базовым вариантом наблюдается в интервале 15...45 сек. (травмированность 1,3...8,3 %), достигая максимума при 15...30 сек. (травмированность 1,3...7,2 %). Затем происходит плавное снижение лабораторной всхожести.

Заключение

По полученным результатам можно сделать вывод, что проведение скарификации семян галеги восточной методом механического воздействия оказывает существенное влияние на изменение посевных свойств. Метод механической скарификации семян галеги восточной является перспективным способом предпосевной обработки, так как он простой и эффективный. Полученные механические повреждения на твердокаменной оболочке способствуют более интенсивному поглощению влаги из почвы, газообмену и получению питательных веществ для семян. Быстрое развитие семян позволяет устранить задержку в развитии и, как следствие, потерю урожая зеленой массы.

Семена многолетних бобовых культур характерны своей твердокаменностью. Воздействие внешних факторов способствует утрате твердокаменности и повышению посевных качеств материала. В ходе лабораторных испытаний было определено увеличение таких показателей, как энергия прорастания с 55 % до 79 % и лабораторной всхожести с 65 % до 90 %, которые являются наиболее важными в процессе развития растения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бушуева В. И., Волынцева В. А., Хроменкова Т. Л. Энергетическая и экономическая эффективность возделывания галеги восточной в условиях орошения // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – № 1. – 2021. – С. 35–41.
2. Мачёхин К. А., Михеев Д. А. Оборудование для скарификации семян // Наука. Инновации. Будущее – 2023: сборник статей международной научно-практической конференции. – Петрозаводск, 2023. – С. 364–372.
3. Мачёхин К. А., Михеев Д. А. Влияние скарификации семян на посевные свойства галеги восточной // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных трудов. – Брянск, 2024
4. Analysis of overcoming dormancy in *Leucaena leucocephala* seed and Initial development of plantlet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/19719/pdf> свободный. – (дата обращения 08.07.2024).
5. Variability of physical dormancy in relation to seed mechanical properties of three legume species [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/321405300_Variability_of_physical_dormancy_in_relation_to_seed_mechanical_properties_of_three_legume_species свободный – (дата обращения 02.07.2024).
6. Dormanc-breaking treatmets in two potential forage crop legumes from the semi-arid rangelands of South Africa [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/319272844_Dormancy-breaking_treatments_in_two_potential_forage_crop_legumes_from_the_semi-arid_rangelands_of_South_Africa свободный. – (дата обращения 04.07.2024).
7. Зубова Р. А. Обоснование режимов предпосевной обработки семян твердой оболочкой ультразвуком и электромагнитным полем сверхвысокой частоты [Текст] // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2017.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОТДЕЛЕНИЯ СЕМЕННОЙ ЧАСТИ ОТ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА

**В. А. ШАРШУНОВ, М. В. ЦАЙЦ, В. А. ЛЕВЧУК, С. В. КУРЗЕНКОВ,
И. И. СЕРГЕЕВА, И. А. САВЧЕНКО**

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

(Поступила в редакцию 01.07.2024)

Отделение семенной части от стеблей льна при проведении уборочных работ является основополагающим процессом, в задачи которого входят сбор всей выращенной продукции (чистота отделения семенной части должна составлять не менее 98 %) и сохранение ее качества (низкая степень повреждения стеблей – до 3 %). В льноуборочных машинах, производимых и применяемых в Республике Беларусь, этот процесс остается неподверженным изменениям и придерживается принципов, изложенных в конце 1970-х годов. Такое представление о процессе отделения семенной части от стеблей не отвечает требованиям современного развития науки и техники. С целью совершенствования процесса отделения семян от стеблей льна авторами предложена конструкция обмолачивающего устройства роторно-бильного типа.

В статье приведены конструкционные и технологические параметры, результаты лабораторно-полевых исследований роторно-бильного аппарата, установленного в прицепной льноуборочный комбайн Двина-4М. Уборка льна осуществлялась по комбайновой технологии в фазах желтой и бурой спелости. Приведены результаты испытаний предлагаемой конструкции роторно-бильного обмолачивающего аппарата в сравнении с серийным гребневым очесывающим аппаратом. Отличительной особенностью работы предложенной конструкции обмолачивающего аппарата является характеристика полученного льняного вороха, содержащего 55 %...87 % семенных коробочек различной спелости и влажности частично или полностью разрушенные, 11...16 % свободных семян и 4...23 % путанины, мякины и сорняков, при этом практически отсутствуют длинностебельные примеси.

Описаны недостатки и слабые стороны предложенной конструкции роторно-бильного аппарата, возникающие в случае применения его в прицепном льноуборочном комбайне Двина-4М без изменения технологической схемы работы льнокомбайна. Определены пути дальнейшего совершенствования конструкции роторно-бильного аппарата и технологического процесса отделения семян льна от стеблей.

Ключевые слова: *лен, роторно-бильный аппарат, обмолот, очес, лента льна, комбайновая технология, совершенствование процесса.*

Separation of the seed part from the flax stems during harvesting is a fundamental process, the tasks of which include collecting all grown products (the purity of the seed part separation should be at least 98 %) and preserving its quality (low degree of stem damage – up to 3 %). In flax harvesting machines produced and used in the Republic of Belarus, this process remains unaffected by changes and adheres to the principles set out in the late 1970s. This idea of the process of separating the seed part from the stems does not meet the requirements of modern development of science and technology. In order to improve the process of separating seeds from flax stems, the authors proposed the design of a rotary-beater threshing device. The article presents the design and technological parameters, the results of laboratory and field studies of the rotary-beater apparatus installed in the trailed flax harvester Dvina-4M. Flax was harvested using combine technology in the yellow and brown ripeness phases. The paper presents the test results of the proposed design of the rotary-beater threshing apparatus in comparison with a serial comb stripping apparatus. A distinctive feature of the proposed design of the threshing apparatus is the characteristic of the resulting flax heap, containing 55 % ... 87 % of seed pods of varying ripeness and humidity, partially or completely destroyed, 11 ... 16 % of free seeds and 4 ... 23 % of tangled matter, chaff and weeds, while long-stemmed impurities are practically absent. The paper describes the disadvantages and weaknesses of the proposed design of the rotary-beater apparatus, which arise in the case of its use in the trailed flax harvesting combine Dvina-4M without changing the technological scheme of the flax harvester. The ways of further improvement of the design of the rotary-beater apparatus and the technological process of separating flax seeds from stems are defined.

Key words: *flax, rotary-beater apparatus, threshing, tow, flax tape, combine technology, process improvement.*

Введение

В зависимости от применяемой технологии уборки льна выделяют три способа заготовки семян – тербление без отрыва или разрушения семенных коробочек (раздельный способ), тербление с отрывом коробочек (комбайновый способ) и тербление с одновременным вымолачиванием семян (практикуемый в западноевропейских странах способ) [1].

При реализации раздельного способа тербление осуществляют в фазу зеленой спелости, при этом дозревание семян происходит в коробочках, связанных со стеблями, при реализации комбайнового способа тербление начинают не ранее фазы желтой спелости, а дозревание семян происходит в оторванных коробочках. При осуществлении тербления с одновременным вымолачиванием семян (фаза желтой и бурой спелости), последние дозревают в свободном состоянии [2, 3].

Исследования, проведенные во ВНИИ льна показали, что условия дозревания семян существенно влияют на их всхожесть. Условия дозревания семян определяются применяемой технологией уборки

льна. Установлено, что семена не станут более наполненными если их оставлять в коробочках. В то же время выделение семян в день тербления ведет к тому, что самые незрелые остаются невсхожими и их доля при уборке в фазе зеленой спелости достигает 30 %, в ранней желтой – 7...17 %, а в желтой и полной спелости – невсхожих семян почти нет [4].

За месяц внутри коробочек (если не будут поражены болезнями), даже самые незрелые, щуплые семена, могут стать всхожими, однако стоит ли это делать, если позднее, при очистке и сортировке незрелые, щуплые семена будут удалены [4].

Исследованиями В. С. Новоселова установлено, что качество семян, дозревших после тербления, ниже, чем у созревших на корню [5].

Способ, которым осуществляют отделение семенной части от стеблей, определяет свойства и структуру льняного вороха. Отделение семенной части льна-долгунца от стеблей издавна осуществляется двумя принципиально различными способами: отрывом коробочек льна от стеблей (очес) или разрушением коробочек на стеблях (обмолот) с последующей сепарацией. При отделении семенной части очесом формируется льняной ворох, в котором содержится 52...84 % семенных коробочек различной спелости и влажности, 2...9 % свободных семян и 12...45 % путанины, мякины и сорняков. Наличие до 45 % длинностебельных примесей влажностью 50...60 % существенно увеличивает затраты на его доработку [6]. При отделении семенной части обмолотом практически исключается попадание в льняной ворох длинностебельных примесей, однако возникает сложность сбора отделенных и разрушенных семенных коробочек, и свободных семян льна.

На основании изложенного считаем, что с целью получения качественного семенного материала целесообразно проводить уборку комбайновым способом, а отделение семенной части от стеблей – путем обмолачивания семенных коробочек на стеблях льна.

Цель исследований – анализ возможных путей совершенствования и развития технологического процесса отделения семенной части на примере роторно-бильного аппарата при комбайновой технологии уборки льна.

Основная часть

С целью совершенствования процесса отделения семенной части от стеблей льна при реализации комбайнового способа уборки льна авторами предложена и разработана конструкция аппарата, отличающегося тем, что он выполнен в виде диска, с одной стороны которого установлены косые бичи, а с другой – вычесывающе-транспортирующая щетка, что в сочетании с декой обеспечивает комбинированное ударное, вытирающее и вычесывающее воздействие на ленту льна [7, 8, 9].

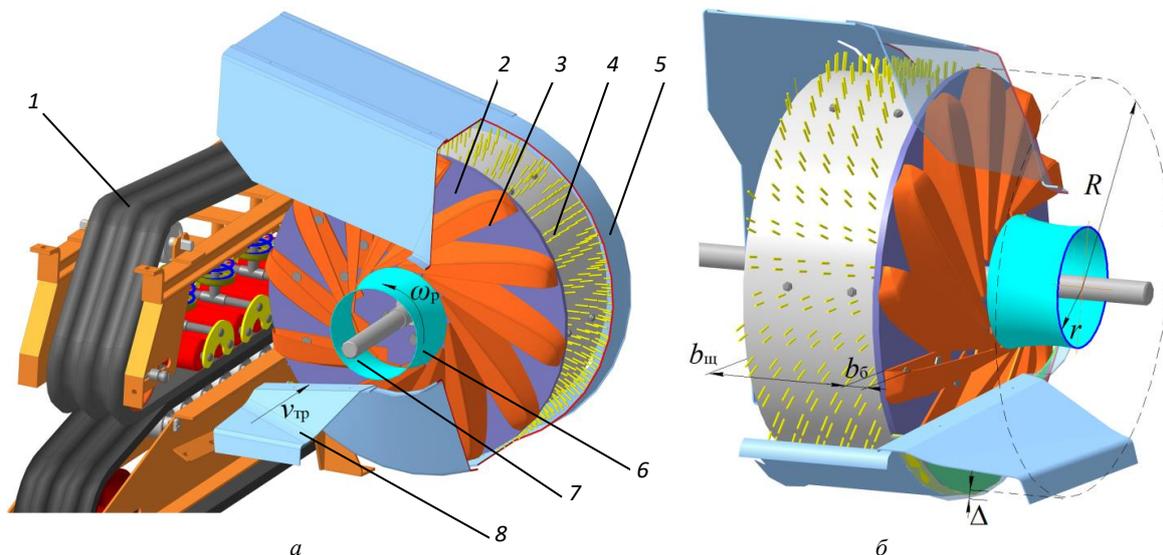


Рис. 1. Конструкция роторного бильно-вычесывающего устройства: *a* – общий вид устройства; *б* – общий вид ротора; 1 – жазимной транспортер; 2 – ротор; 3 – бичи; 4 – вычесывающе-транспортирующая щетка; 5 – кожух; 6 – кольцо; 7 – вал ротора; 8 – стол

В результате теоретических и лабораторных исследований были обоснованы конструкционные (радиус ротора 0,35 м, радиус защитного кольца 0,12 м; число установленных на роторе бичей 6...12 шт., ширина торцевой поверхности бича 0,05...0,07 м, поперечный угол передней поверхности

бича 1,31...1,48 рад (75...85°), поперечный угол боковой поверхности бича 0,436...0,524 рад (25...30°), продольный угол боковой поверхности бича 0,2 рад (12°) и кинематические (кратность воздействий бичами на фрагмент ленты льна 1,3...1,5, при скорости подаваемой на обмолот ленты льна 1,5 м/с) параметры обмолачивающей составляющей аппарата, позволяющие обеспечить чистоту обмолота 98...99,6 % при степени повреждения стеблей льна в пределах 1,82 % (из них 0,92 % открытый излом стебля с разрывом волокна и 1,56 % с отрывом технической части стебля льна) [9, 10]. Формируемый при этом льняной ворох содержал 55...87 % семенные коробочки различной спелости и влажности частично или полностью разрушенные, 11...16 % свободных семян и 4...23 % путанины, мякины и сорняков [1, 10, 11, 12].

Длина обрывков стеблей льна при обмолоте исследуемым аппаратом составляла 10–150 мм, из них 52 % приходилось на значения 30–90 мм и 27 % – 90–120 мм.

Применение предложенной конструкции обмолачивающего аппарата по сравнению с гребневым очесывающим аппаратом позволило уменьшить процентное содержание путанины в структуре льняного вороха в среднем на 48,5 %, а общий объем льновороха снизить на 28,5–56,3 %. Объемная масса вороха, полученного при уборке роторно-бильным аппаратом, увеличилась на 9 % (с 140 кг/м³ до 152,8 кг/м³) [11, 13].

В процессе проведения производственных испытаний роторно-бильного аппарата выявлены недостатки возникающие в случае применения устройства на прицепном льноуборочном комбайне:

- ввиду низкого расположения оси вращения ротора, для обеспечения качественной транспортировки вороха льна на выгрузной транспортер, скорость вращения ротора должна составлять не менее 37,8 рад/с. Недостаточная скорость вращения ротора приводит к осыпанию части семенного вороха на серединную часть ленты льна и выносу семян из камеры отделения с лентой льна [1];

- низкая скорость вращения ротора способствует образованию намотки на ротор путанины;

- при обработке ленты льна с линейной плотностью более 3600 шт./м и радиальном зазоре 0,01 м возникает повреждение ленты льна в ее верхней части в виде задиров луба (рис. 2) [1, 12];

- наличие большого количества (до 16 % от общего объема получаемого вороха) выделенных из семенных коробочек семян льна приводит к их потерям через неплотности камеры отделения из-за невысокой герметичности;

- выделение семян льна из семенных коробочек на стеблях приводит к проникновению мелкодисперсной фракции в нижние слои обрабатываемой ленты и постепенному скапливанию в камере отделения;

- уплотнение обрабатываемой ленты льна цилиндрическим кольцом вычесывающе-транспортирующей щетки снижает проникающую способность ворса в ленту льна.

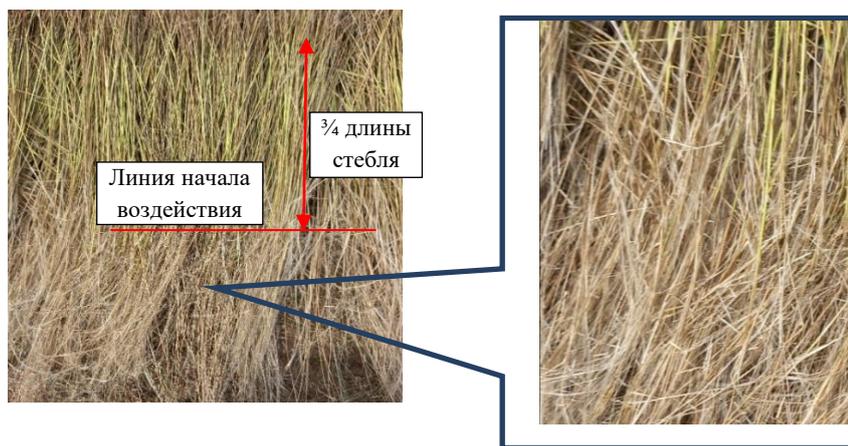


Рис. 2. Вид ленты льна после обработки

Из приведенных результатов наблюдений производственных испытаний видно, что получаемый ворох льна содержит преимущественно разрушенные и целые семенные коробочки, а также свободные семена, что создает предпосылки к выделению свободных семян из общей массы вороха льна. Поскольку, согласно принятой технологической схеме (рис. 3, а), стебли льна при обработке проходят в подроторном пространстве, где лента уплотняется, то вычесать из такой ленты свободные семена проблематично. Вычесывающе-транспортирующая щетка не способна поднять со дна камеры очеса выделенные семена, которые постепенно накапливаются, а затем выносятся из камеры очеса с лентой льна.

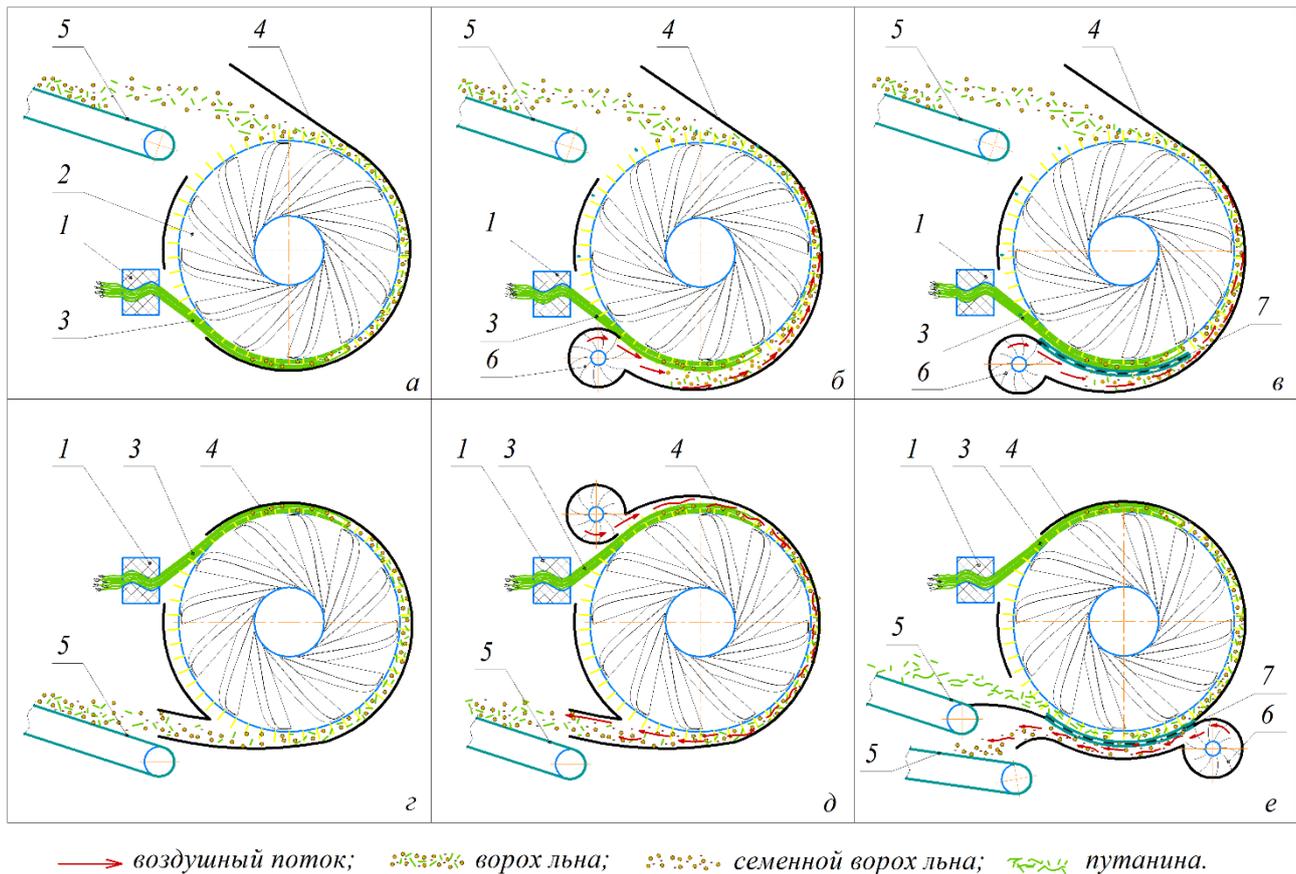


Рис. 3. Технологические схемы совершенствования обмолачивающего устройства: *a* – технологическая схема исследуемая авторами; *б* – технологическая схема с принудительным воздушным потоком; *в* – технологическая схема с сепарирующей решеткой и принудительным воздушным потоком; *г* – технологическая схема с направлением ленты льна в надроторное пространство (перевернутая схема); *д* – перевернутая технологическая схема с принудительным воздушным потоком; *е* – перевернутая технологическая схема с сепарирующей решеткой и принудительным воздушным потоком; 1 – зажимной транспортер; 2 – ротор с бичами; 3 – лента стеблей льна; 4 – камера отделения; 5 – выгрузной транспортер; 6 – пневмотранспортер; 7 – сепарирующая решетка

Решение проблемы сбора и транспортировки может быть решено путем применения сепарирующей решётки, установленной в нижней части камеры отделения и транспортировки выделенных свободных семян пневмотранспортером (рис. 3, б).

Более радикальным подходом к решению проблемы сбора свободных семян может быть подача стеблей льна вверх роторно-бильного аппарата (рис. 3, г). Таким образом, семенной ворох под действием сил тяжести будет просыпаться сквозь обрабатываемые стебли льна на вычесывающе-транспортирующую щетку.

Из приведенного выше можно выделить следующие направления совершенствования роторно-бильного обмолачивающего аппарата:

- увеличение зоны воздействия вычесывающе-транспортирующей щетки на обрабатываемую ленту льна;
- повышение способности выделения семян и семенного вороха из ленты льна вычесывающе-транспортирующей щетки;
- разуплотнение слоя ленты льна в зоне воздействия вычесывающе-транспортирующей щетки, с целью обеспечения проникновения вычесывающего ворса на всю толщину обрабатываемого слоя;
- включение в процесс отделения семенной части сепарации путем установки в нижней части камеры отделения сепарирующей решетки (рис. 3 в и рис. 3 е);
- включение в процесс отделения семенной части воздушного потока в направлении транспортирования семенного вооха (рис. 3 б и рис. 3 д);
- перенаправление ленты льна в надроторное пространство (рис. 3 г, д и е);
- включение в процесс отделения, направленной в надроторное пространство ленты льна, принудительного воздушного потока (рис. 3 д);
- включение в процесс отделения, направленной в надроторное пространство ленты льна,

принудительного воздушного потока и механизма сепарации вороха льна (рис. 3 е).

Заключение

Производственные испытания прицепного льноуборочного комбайна Двина-4М с роторно-бильным обмолачивающим аппаратом показали высокую эффективность применения обмолота в качестве способа отделения семенной части от стеблей льна. Вместе с тем, получаемый при обмолоте семенной ворох льна, существенно отличается по размерно-массовым характеристикам и содержанию примесей от вороха, формируемого при работе очесывающего аппарата. Реализация отделения семенной части от стеблей путем применения роторно-бильного аппарата в технологической схеме льноуборочного комбайна приводит к созданию сложности сбора получаемого семенного вороха льна.

В результате проведенного анализа и наблюдений при проведении испытаний выявлены недостатки и слабые стороны предложенной конструкции роторно-бильного аппарата, возникающие в случае применения его в прицепном льноуборочном комбайне Двина-4М без изменения технологической схемы работы льнокомбайна. Определены пути дальнейшего совершенствования конструкции роторно-бильного аппарата и технологического процесса отделения семян льна от стеблей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Результаты производственных испытаний и экономическая оценка применения роторного бильно-вычесывающего устройства на льноуборочном комбайне / В. А. Шаршунов, В. Н. Босак, М. В. Цайц и др. // Вестні Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2023. – Т. 61, № 4. – С. 324–336. – DOI 10.29235/1817-7204-2023-61-4-324-336.
2. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2. – С. 137–141.
3. Шаршунов В. А., Алексеенко А. С., Цайц М. В. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 267–271.
4. Линь А. А., Яньшина А. А., Михайлов В. М. Энергосберегающая технология производства семян льна долгунца // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 5. – С. 51–53.
5. Новоселов В. С. Тайны льна и поиски науки. кн. 3. – Торжок, 2003. – 200 с.
6. Анализ рабочих органов для сбора и транспортировки вороха льна-долгунца / В. С. Астахов, В. В. Азаренко, С. В. Курзенков и др. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3. – С. 144–149.
7. Патент № 2788696 С1 Российская Федерация, МПК А01F 11/02, А01D 45/06. Устройство для отделения семенных коробочек и семян льна от стеблей: № 2022116274; заявл. 16.06.2022; опубл. 24.01.2023 / М. В. Симонов, В. А. Шаршунов, Н. С. Сентюров, М. В. Цайц; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет».
8. Устройство для отделения семенных коробочек льна от стеблей: пат. 21293 Респ. Беларусь, МПК А 01D 45/06 (2006.01) / В. Е. Круглень, В. И. Коцуба, П. Д. Сентюров, А. Д. Сентюров, М. В. Цайц, Г. А. Райлян, И. Л. Подшиваленко; заявитель УО «Белорус. гос. с.-х. акад.» – № а 20130044; заявл. 14.01.13; опубл. 25.05.17 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 4(117). – С. 57.
9. Алексеенко А. С., Цайц М. В. Разработка роторного бильно-вычесывающего устройства льна // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2019. – № 1(18). – С. 234–241.
10. Обоснование рациональной схемы расположения элементов роторного устройства для отделения семенной части от стеблей льна и конструктивных его параметров / С. В. Курзенков, М. В. Симонов, М. В. Цайц, В. И. Коцуба // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 10(137). – С. 7–19. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-10-7-19.
11. Цайц М. В. Роторное бильно-вычесывающее устройство для отделения семян от стеблей льна // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: сб. науч. ст. 6-й Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: Науч.-техн. центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2022. – С. 227–232.
12. Повышение эффективности получения семян льна-долгунца при комбайновой уборке / В. А. Шаршунов, М. В. Цайц, С. В. Курзенков и др. // Вестн. Нижегород. гос. инж.-экон. ин-та. – 2023. – № 7 (146). – С. 44–59. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-7-44-59.
13. Цайц, М. В. Результаты экспериментальных исследований процесса обмолота лент льна роторным бильно-вычесывающим устройством // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 2(141). – С. 19–34. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-2-19-34.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ АДАПТЕРА РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ СТТ-25

Э. В. ДЫБА, Л. И. ТРОФИМОВИЧ, П. В. ЯРОВЕНКО

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь, 220049*

А. И. ПУНЬКО

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220023*

(Поступила в редакцию 19.07.2024)

Для снижения кислотности почвы в сельском хозяйстве широко применяются различные пылевидные известковые материалы, например, доломитовая мука. По расчетам ученых ежегодно в Республике Беларусь необходимо известковать около 550 тыс. га, внося при этом 2,8 млн. т известковых удобрений в пересчете на CaCO₃. При многих достоинствах доломитовой муки она отличается высокими энергозатратами на производство и применение, и за частую ежегодно выделяемых средств из республиканского бюджета на известкование почв в необходимых объемах попросту не хватает. Кроме того, высокая неравномерность внесения, значительные потери при использовании устаревших средств механизации снижают эффективность ее использования и требуют новых подходов к решению проблемы известкования почв.

Внесение новых видов мелиорантов – сыромолотого доломита и отходов свеклосахарного производства (дефеката), имеет ряд технологических преимуществ: сводится к упрощению системы транспортировки, облегчению хранения (известковые материалы влажностью 6–12 % не смерзаются), понижению себестоимости мелиоранта. Кроме того, имеет значение и экологический акцент, так как при их применении не образуется пылевое облако, а также можно избежать резких скачков кислотности почвы, что важно в целях предотвращения переизвесткования при проведении поддерживающего известкования.

Для реализации новой технологии необходима разработка конструкции рабочих органов, позволяющих эффективно распределять мелиоранты по поверхности поля. При этом с целью унификации с существующим оборудованием предполагается устанавливать адаптер как сменный разбрасыватель на разработанную и освоенную в производстве транспортно-технологическую систему СТТ-25. Это позволит применять данные машины как универсальные разбрасыватели.

Ключевые слова: *кислотность почвы, известкование, мелиорант, разбрасыватель, рабочие органы, адаптер, расчет параметров.*

To reduce soil acidity in agriculture, various powdered lime materials are widely used, for example, dolomite flour. According to scientists' calculations, about 550 thousand hectares need to be limed annually in the Republic of Belarus, adding 2.8 million tons of lime fertilizers in terms of CaCO₃. Despite the many advantages of dolomite flour, it is characterized by high energy costs for production and application, and often the funds allocated annually from the republican budget for liming soils in the required volumes are simply not enough. In addition, high unevenness of application, significant losses when using outdated mechanization tools reduce the efficiency of its use and require new approaches to solving the problem of soil liming. The introduction of new types of ameliorants – raw ground dolomite and waste from beet sugar production (defecate) – has a number of technological advantages: it comes down to simplifying the transportation system, facilitating storage (lime materials with a moisture content of 6-12% do not freeze), and reducing the cost of the ameliorant. In addition, the environmental emphasis is also important, since their use does not form a dust cloud, and it is also possible to avoid sharp jumps in soil acidity, which is important in order to prevent over-liming during maintenance liming.

To implement the new technology, it is necessary to develop a design of working bodies that allow for the effective distribution of ameliorants over the field surface. At the same time, for the purpose of unification with existing equipment, it is proposed to install an adapter as a replaceable spreader on the developed and mastered in production transport and technological system STT-25. This will allow using these machines as universal spreaders.

Key words: *soil acidity, liming, ameliorant, spreader, working bodies, adapter, calculation of parameters.*

Введение

Почва – важнейший и незаменимый природный ресурс, национальное достояние любой страны, от рационального использования которого зависит продовольственная безопасность и устойчивое социально-экономическое развитие. Сохранение плодородия и рациональное использование почв сельскохозяйственных земель является важнейшим государственным приоритетом, основным условием стабильного развития агропромышленного комплекса Республики Беларусь.

Агрохимический мониторинг почв сельскохозяйственных земель показывает, что в условиях системного известкования доля сильно- и среднекислых почв пахотных и луговых земель находилась на уровне 5–6 % от общей площади. За последний десятилетний период в связи с уменьшением объемов известкования прослеживается тенденция увеличения удельного веса кислых почв, как на пахотных и луговых землях.

С целью недопущения дальнейшего подкисления и деградации плодородия почв необходимо ежегодно известковать 572,0 тыс. га сельскохозяйственных земель, в том числе 548,8 тыс. га незагрязненных радионуклидами земель и 23,2 тыс. га загрязненных радионуклидами земель. Это в 2,7 раза больше фактической площади известкования, проводимого в 2017–2019 гг. [1].

Проведенные ранее патентные исследования позволили изучить технический уровень и тенденции развития средств механизации для внесения известковых материалов (мелиорантов), в том числе сыромолотого доломита, выявить лучшие аналоги машин, производимых на мировом рынке [2, 3].

Учитывая имеющийся опыт в разработке средств механизации для транспортировки и внесения удобрений, в качестве базовой машины при использовании сыромолотых форм известковых материалов была применена разработанная в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» транспортно-технологическая система СТТ-25, предназначенная для внесения твердых органических удобрений.

Конструкция комбинированного измельчающе-распределяющего рабочего органа должна включать в себя такие основные узлы, как фрезерный агрегат для измельчения материала, центробежные диски для распределения материала по полю, устройство для равномерного разбрасывания различных материалов, уменьшения загрязнения ими дорог, оврагов и т.д., а также снижения запыленности окружающей среды при внесении мелиорантов; предохранительные механизмы для защиты дискового распределителя при попадании крупных, посторонних предметов; систему гидропривода исполнительных механизмов.

С целью эффективного использования новых видов мелиорантов (сыромолотого доломита), снижения технологических и эксплуатационных затрат необходима разработка сменного адаптера к транспортно-технологической системе СТТ-25 путем расчета и обоснования конструктивных и кинематических параметров рабочих органов, обеспечивающих соблюдение агротехнических требований в процессе работы.

Основная часть

При разработке технологической схемы комбинированного рабочего органа для внесения мелиорантов необходимо было сохранить существующую конструкцию самого разбрасывающего механизма системы СТТ-25, путем разработки только дополнительного адаптера, обладающего всеми функциями, которые необходимы для настройки необходимого качества внесения различных форм известковых материалов (мелиорантов).

Техническая сущность модернизации комбинированного рабочего органа транспортно-технологической системы СТТ-25 заключается в использовании на битерах сегментов с привинченными фрезерными зубьями для более качественного измельчения различных сельскохозяйственных материалов, а также изменение конструкции шибера разбрасывателя для обеспечения подачи как твердых органических удобрений, так и известковых материалов.

Комбинированный рабочий орган состоит из фрезерного агрегата 1, дискового распределителя 2, клапана 3, предохранительного щитка 4 с левым и правым талрепами 5 и ограничителя распределения материалов 6, который приводится в движение от гидросистемы трактора через гидроцилиндр 7 (рис. 1). Форма лопаток, а также форма сегментов фрезерного агрегата и их количество определены экспериментально.

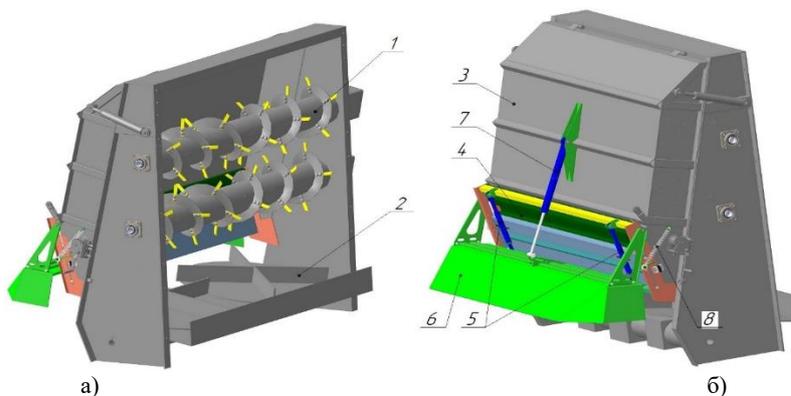


Рис. 1. Схема комбинированного рабочего органа для внесения мелиорантов
а) вид сзади; б) вид спереди

1 – фрезерный агрегат; 2 – дисковый распределитель; 3 – клапан; 4 – предохранительный щиток; 5 – талрепы; 6 – ограничитель распределения материалов; 7 – гидроцилиндр; 8 – пружины предохранительные

Предохранительный щиток служит для предохранения при попадании в комбинированный рабо-

чий орган крупных, посторонних предметов (камней, плит, металлолома и др.). Осуществляется данный процесс путём откидывания щитка в момент удара постороннего предмета о внутреннюю часть самого предохранительного щитка. После вылета постороннего предмета закрытие щитка производится автоматически посредством пружин 8. Регулировка зазора между нижней частью предохранительного щитка и верхней частью лопатки диска осуществляется ручным способом при помощи левого и правого талрепов 5. Привод комбинированного рабочего органа для внесения мелиорантов осуществляется от ВОМ трактора (рис. 2).

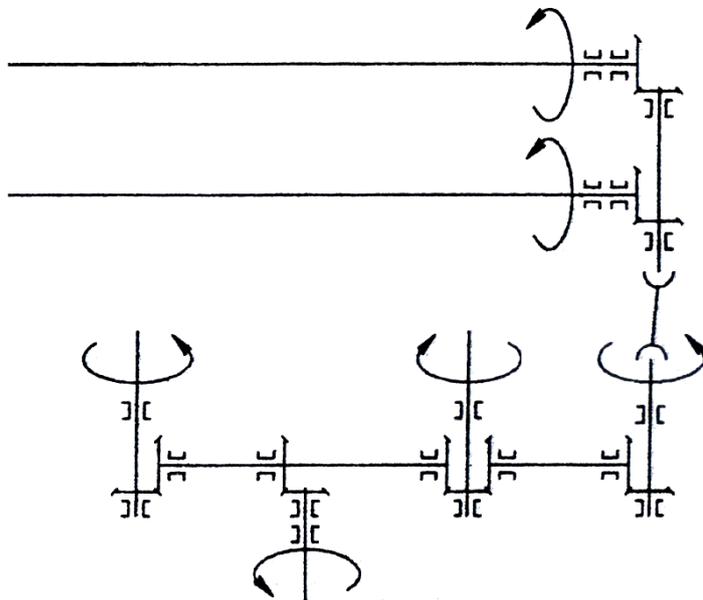


Рис. 2. Кинематическая схема комбинированного рабочего органа

Технологический процесс работы системы с комбинированным рабочим органом для внесения мелиорантов протекает следующим образом: при поступательном движении агрегата верхняя ветвь транспортера, перемещаясь с небольшой скоростью назад вдоль кузова, подводит слой удобрений к вращающимся шнековым барабанам. Нижний измельчающий барабан шнековой лентой с прерывистым зубчатым профилем разрыхляет, измельчает массу и ровным слоем перебрасывает через себя. Верхний разбрасывающий барабан, вращаясь в том же направлении, что и нижний, принимает от него материал, выравнивает слой, дополнительно измельчает, подаёт на горизонтальные разбрасывающие диски, которые распределяют его по поверхности поля.

Совместная технологическая схема работы фрезерного агрегата и подающего транспортера системы представлена на рис. 3.

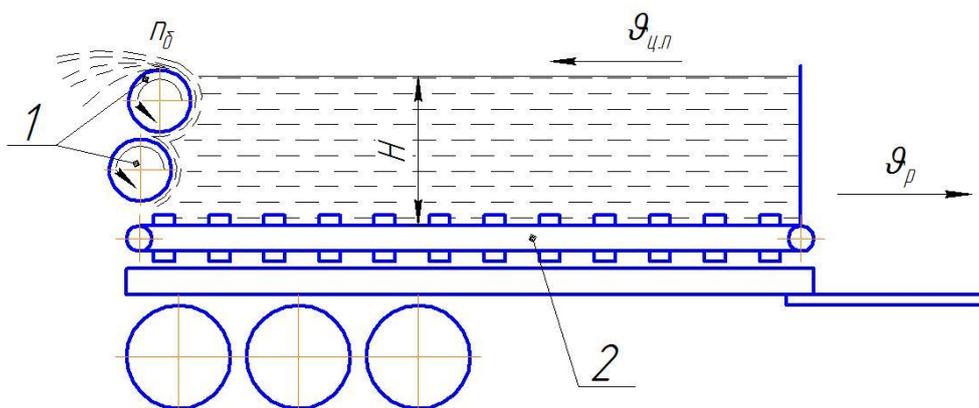


Рис. 3. Технологическая схема работы фрезерного агрегата и подающего транспортера: 1 – фрезерный агрегат; 2 – подающий цепочно-планчатый транспортёр

Из рис. 4 видно, что скорость движения транспортера необходимо определять исходя из секундной подачи материала [3]. В свою очередь масса сброшенных на поле материалов в секунду:

$$Q_{ц.н.} = g_{ц.н.} \cdot H \cdot L_{об.} \cdot \gamma \cdot k, \quad (1)$$

где $Q_{ц.н.}$ – скорость перемещения транспортера, м/с;

H – высота слоя материала на цепочно-планчатом транспортере, м;

$L_{б.}$ – длина шнекового барабана, м;

γ – насыпная плотность материала, кг/м³;

k – поправочный коэффициент.

Норма внесения материала Q_n на единицу площади находится в прямой зависимости от секундного расхода:

$$Q_n = \frac{Q_{ц.н.}}{B_p \cdot Q_p}, \quad (2)$$

где B_p – рабочая ширина захвата машины, м;

Q_p – рабочая скорость агрегата, м/с.

Принимая во внимание выражение (1) и подставляя значение $Q_{ц.н.}$ в формулу (2), получим:

$$Q_n = \frac{Q_{ц.н.} \cdot H \cdot L_{б.} \cdot \gamma \cdot k}{B_p \cdot Q_p}.$$

Для определённых марок машин величины H , $L_{б.}$, B_p постоянны, поэтому их можно выразить в виде постоянного коэффициента

$$C = \frac{H \cdot L_{б.}}{B_p}. \quad (3)$$

Тогда норма внесения может быть определена следующим образом:

$$Q_n = C \frac{Q_{ц.н.} \cdot \gamma \cdot k}{Q_p}. \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что количество материала, вносимых на поле системой, можно регулировать, изменяя скорость движения транспортера и системы. Кроме того, это количество зависит от насыпной плотности материала, на которую влияют влажность и состав материала. Отсюда следует, что регулировка необходима в каждом отдельном случае при изменении влажности и других физико-механических свойств материала, включая липкость.

Работу комбинированного рабочего органа можно представить как работу дозатора, в котором процесс перемещения материала совмещен с расходом (дозированием) по его длине через распределяющие диски, расположенные в нижней части комбинированного рабочего органа. При этом происходят три взаимосвязанных поочередных процесса: приём материала, перемещение их внутри комбинированного рабочего органа и дозирование, характеризующихся производительностью подающего цепочно-планчатого транспортера – $Q_{ц.н.}$, измельчающих винтовых барабанов – $Q_{б.}$ и распределяющих дисков – $Q_{д.}$ соответственно.

В этом случае для обеспечения достаточного заполнения распределяющих дисков необходимо, чтобы выполнялось следующее условие:

$$Q_{ц.н.} \leq Q_{б.} \leq Q_{д.}, \quad (5)$$

В связи с тем, что любая машина должна обеспечивать внесение материала в широком диапазоне доз, дальнейшую взаимоувязку параметров выполним, исходя из условия обеспечения внесения максимальной погектарной дозы. Суммарная производительность распределяющих дисков определяется по формуле:

$$Q_d = 10^{-4} D_{\text{max.вн.}} \cdot B_p \cdot \mathcal{G}_p, \quad (6)$$

где $D_{\text{max.вн.}}$ – максимальная доза внесения материала, кг/га.

Подставив в формулу (5) формулы (1) и (6), получим:

$$\mathcal{G}_{\text{ц.п.}} \cdot H \cdot L_{\bar{\sigma}} \cdot \gamma \cdot k \leq 10^{-4} D_{\text{вн.}} \cdot B_p \cdot \mathcal{G}_p.$$

Откуда скорость перемещения цепочно-планчатого транспортера, с учетом формулы (3), при которой будет обеспечиваться максимальная требуемая производительность $Q_{\text{ц.п.}}$:

$$\mathcal{G}_{\text{ц.п.}} \leq \frac{10^{-4} D_{\text{max.вн.}} \cdot \mathcal{G}_p}{C \cdot \gamma \cdot k}.$$

Производительность измельчающих барабанов можно определяется по формуле:

$$Q_{\bar{\sigma}} = b \cdot h \cdot \mathcal{G}_0 \cdot \gamma, \quad (7)$$

где b – ширина захвата массы шнековым барабаном, м;

h – высота захвата массы шнековым барабаном, м;

\mathcal{G}_0 – окружная скорость шнекового барабана, м/с.

Окружную скорость шнекового барабана можно определить по формуле

$$\mathcal{G}_0 = \frac{\pi \cdot n_{\bar{\sigma}} \cdot d_{\bar{\sigma}}}{60},$$

где $n_{\bar{\sigma}}$ – частота вращения шнекового барабана, мин⁻¹;

$d_{\bar{\sigma}}$ – диаметр шнекового барабана, м.

Тогда подставляя значение \mathcal{G}_0 в формулу (7) и, с учетом неравенства (5) и преобразований получим:

$$n_{\bar{\sigma}} \geq \frac{3600 \cdot \mathcal{G}_{\text{ц.п.}} \cdot H \cdot L_{\bar{\sigma}} \cdot k}{b \cdot h \cdot \pi \cdot d_{\bar{\sigma}}},$$

где высоту захвата массы шнековым барабаном (рис. 2) можно определить по формуле:

$$h = \sqrt{4 \cdot \left[\left(\frac{d_{\bar{\sigma}}}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_{\bar{\sigma}}}{2} - a \right)^2 \right]},$$

где a – длина выхода ножа, м.

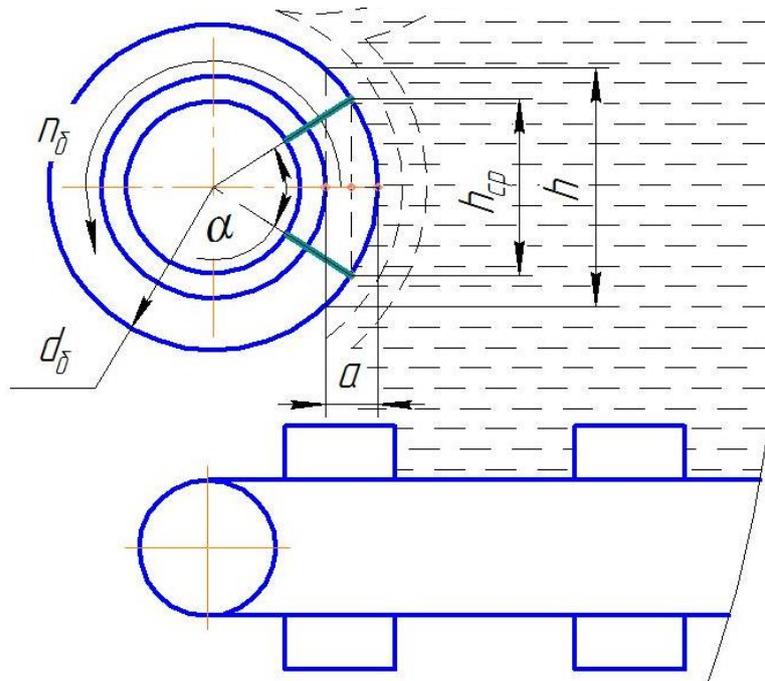


Рис. 4. Схема взаимодействия шнекового барабана и подаваемого материала

Понятно, что для обеспечения непрерывного, равномерного срезания и измельчения материала фрезерным агрегатом необходимо чтобы каждый последующий нож шнекового барабана входил в материал после завершения предыдущего. Таким образом, следующим параметром, подлежащим к определению, является шаг расстановки ножей S на шнековом барабане. Для последующего удобства расчета необходимого количества ножей на барабане шаг расстановки ножей целесообразнее определять через центральный угол, образованный режущими кромками смежными ножами на шнековом барабане, который можно определить по известной формуле:

$$\alpha = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{h}{d_{\delta}}\right). \quad (8)$$

Однако из рис. 4 следует, что при завершении срезания режущей кромкой ножа материала, подаваемого из кузова системы подающим транспортером, последний переместится в сторону шнекового барабана на глубину $a/2$. Причем максимальное данное расстояние не может превышать половины выхода ножа из барабана, так как в данном случае при подходе следующего ножа до места максимального скопления материала, длина режущей кромки будет меньше глубины материала, подлежащего к срезанию и измельчению. Тогда из приведенного выше рассуждения формулу (8) справедливо записать в следующей редакции:

$$\alpha = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{h_{cp}}{d_{\delta}}\right),$$

где h_{cp} – половина высота захвата массы шнековым барабаном, м, которая определяется по следующей формуле:

$$h_{cp} = \sqrt{4 \cdot \left[\left(\frac{d_{\delta}}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_{\delta}}{2} - \frac{a}{2}\right)^2 \right]}.$$

Тогда зная количество навивок (шагов $n_{ш.б.}$) на шнековом барабане можно определить необходимое количество ножей $n_{нож}$ для непрерывного выполнения технологического процесса срезания и измельчения материала, подаваемого из кузова системы:

$$n_{нож} = n_{ш.б.} \frac{360}{\alpha}$$

Далее рассмотрим параметры дисковых распределяющих рабочих органов комбинированного рабочего органа. Ранее отмечалось, что производители зарубежных универсальных разбрасывателей применяют диски с 4–6 лопатками, которые на диске могут располагаться как радиально, так и под углом к осевой линии, при этом формы лопаток разнообразны. Очевидно, что данные параметры влияют на неравномерность внесения материала, поэтому данные параметры определялись экспериментальным путем.

Как известно, частота вращения дисков n_{δ} находится в прямой зависимости от частоты вращения шнековых барабанов n_{σ} фрезерного агрегата и у транспортно-технологической системы данная зависимость характеризуется следующим соотношением:

$$\frac{n_{\delta}}{n_{\sigma}} = 1,134. \quad (9)$$

Тогда из формулы (9) частота вращения дисков n_{δ} равна:

$$n_{\delta} = 1,134 \cdot n_{\sigma}$$

Рабочую ширину захвата B_p двухдискового центробежного разбрасывателя с достаточно высокой точностью можно определить по следующей формуле [5]:

$$B_p = 2 \cdot X_{\max} + l - \Delta B,$$

где X_{\max} – максимальная дальность полёта частицы материала, м;

l – расстояние между центрами дисков, м;

ΔB – перекрытие зоны разбрасывания, м.

Дальность полёта частицы материала вычисляется из выражения:

$$X_{\max} = \frac{\ln(\mathcal{G}_a \cdot K_n \cdot \sqrt{2 \cdot H_{\delta} / g} + 1)}{K_n},$$

где \mathcal{G}_a – абсолютная скорость частицы материала в момент схода с диска, м/с;

K_n – коэффициент парусности частицы материала;

H_{δ} – высота установки дисков, м;

g – ускорение свободного падения частицы материала, м/с².

Абсолютная скорость частицы материала в момент схода с диска равна:

$$\mathcal{G}_a = \sqrt{\mathcal{G}_r^2 + \mathcal{G}_o^2},$$

где \mathcal{G}_r – относительная скорость движения частиц удобрений, м/с;

\mathcal{G}_0 – окружная скорость диска, м/с.

Относительная скорость движения частиц удобрений принимается 6-12 м/с и зависит в основном от частоты вращения диска, который обычно находится в диапазоне 400-800 мин⁻¹ [6].

Окружная скорость диска определяется по формуле:

$$\mathcal{G}_0 = \frac{\pi \cdot n_d \cdot d_d}{60},$$

где d_d – диаметр диска, м.

Следует отметить, что для регулирования неравномерности распределения удобрений по ширине захвата место подачи гранул на диск можно изменять. При подаче ближе к оси вращения диска увеличивается количество высеваемого материала по краям захватываемой полосы, при подаче дальше от оси вращения – в средней части захватываемой полосы. С увеличением частоты вращения дисков материал распределяется равномернее, а при увеличении диаметра дисков равномерность ухудшается. Наклон лопастей к радиусу в сторону вращения на 10–12° способствует более равномерному распределению материала:

– скорость подающего транспортера $\mathcal{G}_{ч.л.} = 0,012$ м/с,

– частота вращения шнекового барабана $n_b = 411$ мин⁻¹ (принято исходя из технических возможностей привода фрезерного агрегата, $n_b = 428$ мин⁻¹),

– количество ножей на шнековом барабане $n_{нож} = 56$ шт.,

– частота вращения дисков $n_d = 483$ мин⁻¹),

– количество лопаток на диске 4 шт.,

– рабочая ширина захвата машины $B_p = 10$ м.

Заключение

В ходе выполнения разработки обоснована перспективная схема комбинированного измельчающе-распределяющего рабочего органа, рассчитаны его основные конструктивно-технологические параметры. Это позволило создать конструкцию сменного адаптера к отечественной транспортно-технологической системе СТТ-25 и использовать ее как универсальный разбрасыватель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азаренок Т. Н., Шибут Л. И., Цыбулько Н. Н. Земельные ресурсы Беларуси и их производительная способность // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 2(65). – С. 26.

2. Интернет-источник. Сайт компании STRAUTMANN. <https://www.strautmann.com> Германия. URL: https://www.strautmann.com/sites/default/files/2020-09/vs_1205-2005_russ.pdf. -12с. Дата доступа 08.08.2024г.

3. Интернет-источник. Сайт компании BERGMANN. <https://www.bergmann-goldenstedt.de>. URL: https://www.bergmann-goldenstedt.de/fileadmin/user_upload/Stalldungstreuer/Prospekte/M_TSW_1080-4190_DE_Prospekt_Ir.pdf. – 15 с. – Дата доступа 08.08.2024г.

4. Клочков А. В., Ковалев В. Г., Новицкий П. М. Сельскохозяйственные машины. Теория и расчет: учебное пособие. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – С. 105–108.

5. Сельскохозяйственные машины Бердышев и др.– 2-е изд. – Москва: Проспект науки, 2018. – С. 51–53.

6. Капустин А.Н. Основы теории и расчета машин для основной и поверхностной обработки почв, посевных машин и машин для внесения удобрений: курс лекций // Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – С. 121–124 с.

МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

УДК: 631.67: 633.2/.3

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ БОТАНИЧЕСКОГО СОСТАВА БОБОВО-ЗЛАКОВОГО ТРАВСТОЯ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

А. Л. МАЗАЕВА, Ю. Н. ДУБРОВА

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

(Поступила в редакцию 12.08.2024)

Луга – биогеоценозы, растительный компонент которых представлен сообществами с более или менее сомкнутыми травостоями, образованными в основном многолетними травянистыми растениями. Луговое хозяйство занимает немалую долю всех сельскохозяйственных земель Беларуси, что свидетельствует об их значимом фуражном потенциале. Но состояние луговых массивов во многих сельскохозяйственных организациях неудовлетворительное как по составу и качеству травостоя, так и по урожайности. Многие естественные луговые массивы, где затруднено применение современной техники, находятся в запущенном состоянии.

Многочисленные исследования, проведенные учеными, и практический опыт возделывания многолетних трав указывают на целесообразность их орошения. Орошение луговых угодий увеличивает кормовые ресурсы и дает высокие экономические результаты. Немаловажную роль для становления устойчивых урожаев играет питание растений. Удобрения влияют на ботанический состав травостоя вследствие изменения питательного режима почвы. В данной статье приведены результаты однолетних исследований по видовому составу многолетних бобово-злаковых травостоев. В состав травосмеси были включены клевер луговой, люцерна посевная, костреч безостый, овсяница луговая и фестулолиум. Бобовые травы оказывают существенное влияние на восстановление плодородия почвы: способствуют накоплению органического вещества и азота, улучшают водно-физические свойства, снижают риск развития эрозии почвы. Возделывание злаковых трав благодаря деятельности ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов, живущих в ризосфере, не приводит к существенному снижению содержания общего азота в почве, при этом увеличивается содержание гумуса пахотного горизонта. Приводится краткий анализ влияния погодных условий на процесс формирования и развития бобово-злаковой травосмеси.

Ключевые слова: ботанический состав, орошение, режим питания, травосмесь.

Meadows are biogeocenoses, the plant component of which is represented by communities with more or less closed grass stands formed mainly by perennial herbaceous plants. Meadow farming occupies a significant share of all agricultural lands in Belarus, which indicates their significant forage potential. But the state of meadow massifs in many agricultural organizations is unsatisfactory both in terms of the composition and quality of the grass stand, and in terms of productivity. Many natural meadow massifs, where the use of modern equipment is difficult, are in a neglected state. Numerous studies conducted by scientists and practical experience in cultivating perennial grasses indicate the feasibility of their irrigation. Irrigation of meadow lands increases fodder resources and gives high economic results. Plant nutrition plays an important role in the formation of sustainable yields. Fertilizers affect the botanical composition of the grass stand due to changes in the nutrient regime of the soil. This article presents the results of annual studies on the species composition of perennial legume-cereal grass stands. The grass mixture included red clover, alfalfa, awnless brome, meadow fescue and festulolium. Legumes have a significant effect on the restoration of soil fertility: they contribute to the accumulation of organic matter and nitrogen, improve water-physical properties, and reduce the risk of soil erosion. Cultivation of cereal grasses, due to the activity of associative nitrogen-fixing microorganisms living in the rhizosphere, does not lead to a significant decrease in the content of total nitrogen in the soil, while the humus content of the arable horizon increases. A brief analysis of the influence of weather conditions on the process of formation and development of legume-cereal grass mixture is given.

Key words: botanical composition, irrigation, nutrition regime, grass mixture

Введение

Надежность и стабильность кормовой базы для животноводства в значительной степени определяют посевы многолетних кормовых трав и травосмесей с их участием [1]. Травостои многолетних трав используют для высококачественных кормов – зеленой массы, сена, сенажа, травяной резки и муки, протеиновых концентратов [2].

Ботанический состав травостоя – один из показателей качества корма, содержания в нем протеина и других полезных компонентов.

Ботанический состав травостоя многолетних трав за годы их использования претерпевает значительные изменения, которые протекают по-разному в зависимости от конкретных условий: состав травосмеси, способ использования, запас питательных веществ в почве и внесение удобрений. Эти изменения могут оказывать значительное как позитивное, так и негативное влияние на продуктивность луговых сообществ, а следовательно, на выход животноводческой продукции и ее качество [3].

Для выращивания сельскохозяйственных культур требуется определенный водный режим, учитывающий биологические особенности растений. Важным показателем водного режима является положение уровня грунтовых вод в почве. Многолетние травы, произрастающие на сенокосах и пастбищах, характеризуются высокой потребностью в воде. Это обусловлено тем, что они формируют большую вегетативную массу и имеют длительный вегетационный период. Обеспеченность растений влагой оказывает на урожайность большее влияние, чем содержание в почве элементов питания [4].

В условиях северо-восточной части Беларуси значительные площади занимают луговые угодья, которые служат важным источником производства высококачественных объемистых кормов для животноводства [5].

Наибольшую кормовую ценность имеют бобовые травы. Все виды кормов из бобовых трав сбалансированы по белку, имеют высокую энергетическую питательность. Так, в среднем в 100 кг зеленой массы клевера лугового содержится 19,7 к. ед. и 2,6 кг перевариваемого протеина, люцерны – соответственно 21,7 и 3,1, тогда как овсяницы луговой – 22,3 и 2,0, костреца безостого – 24,5 и 2,5 [2].

Фестулолиум – это морфологический тип райграса пастбищного, характеризующийся продуктивным долголетием – 5 лет, зимостойкостью и высоким качеством корма. Фестулолиум морфологического типа овсяницы луговой сочетает устойчивость к морозам, засухе, жаре и высокому уровню грунтовых вод с более высоким показателем кормовой ценности, чем у овсяницы. Фестулолиум – в травостое живет порядка 3–5 лет. Это растение характеризуется быстрым восстановлением после скашивания [2].

Клевер луговой является культурой с небольшим периодом его использования (в травостое держится 2–3 года). Максимальной продуктивности он достигает на втором году жизни. Люцерна посевная в травостоях сохраняется в течение 4–7 лет.

Овсяница луговая в травостое сохраняется до 5–8 лет. Полного развития достигает на 2–3-й годы. Дает 2 укоса и может скармливаться более 5 раз за вегетационный период.

Кострец безостый – высокой продуктивности достигает на 2–3-й годы жизни, оптимальный срок использования – 4–5 лет. Отрастает хорошо и дает 2–3 укоса.

Бобово-злаковые травостои на протяжении времени их использования постепенно теряют свою устойчивость. В первую очередь это связано с выпадением из них бобовых компонентов на третий год использования. В зависимости от вида бобового компонента и режима использования устойчивость их сохраняется от 2 до 5 лет. Далее эти травостои трансформируются в злаковые с постепенным повышением в их структуре разнотравья.

И. П. Минина выделяет три этапа жизни сеянного травостоя: первый – 2–3 года с высоким содержанием малолетних трав; второй – переходный, до 5–6 лет после посева, когда злаки среднего долголетия начинают уступать место более долголетним; третий – этап относительной стабилизации сообщества соответственно режиму использования и ухода. Примерно к 10–12-му году формируется подвижно-устойчивое сообщество.

Цель исследования – проанализировать динамику ботанического состава бобово-злакового травостоя в условиях орошения, режима питания, а также влияние погодных условий на процесс его формирования.

Основная часть

Структуру ботанического состава злакового травостоя и его продуктивность в зависимости от режима орошения и видов питания мы изучали в 2023 г. на опытном поле УО БГСХА «Тушково» вблизи поселка Гощ-Чарный. Опыт был заложен весной 2022 г. Схема опыта включала пять блоков с режимами орошения. Каждый блок включал 4 варианта: без удобрений; $N_{90}K_{110}$; $N_{90}K_{110} + Cu_{40}$, Mn_{200} , Mo_{100} , Zn_{200} , B_{100} ; $N_{90}K_{110} +$ «Биогумус». Применение минеральных удобрений имеет своей целью не только повышение урожайности, но и получение высококачественной продукции. Среди вопросов рационального использования минеральных туков большое значение имеет особенность их применения в разных природно-экономических районах страны. Применение минеральных удобрений на мелиорируемых землях оказывает существенное влияние не только на урожайность, но и на качество травянистого корма. Действие минеральных удобрений на биохимический состав кормов осуществ-

ляется как прямым, так и косвенным (изменение ботанического состава и структуры урожая) путями [6].

Опыт выполнялся в четырехкратной повторности.

Состав исследуемой травосмеси включал: клевер луговой, люцерну посевную, кострец безостый, овсяницу луговую и фестулолиум. Норма высева травосмеси: клевер луговой – 3 кг/га, люцерна посевная – 9 кг/га, кострец безостый – 10 кг/га, овсяница луговая – 4,5 кг/га, фестулолиум – 8 кг/га.

Все злаки в данной группе зимо- и морозостойкие, обладают исключительной приспособленностью к различным условиям увлажнения. В то время как бобовые отличаются по данным свойствам. Клевер луговой влаголюбив, холодостоек, а люцерна посевная отзывчива к влаге, требовательна к содержанию питательных веществ в почве. По способности к отрастанию люцерна превосходит все многолетние бобовые травы и дает три полноценных укоса. Прирост сухой массы начинается при температурах около 5 °С. С возрастанием температур наступает период быстрого роста и развития растения, для которого характерно образование стеблей. Наибольший прирост сухой массы происходит в конце весны – начале лета при достаточном увлажнении и температурах 17–21 °С. В летний период интенсивность роста снижается и зависит от погодных условий [2, 7, 8].

Ботанический состав травостоев изучаемых вариантов опыта определяли путем отбора растительных образцов методом трансектов. Далее растительный образец разбирался на бобовый и злаковый компонент, взвешивался и находилось соотношение бобового компонента к злаковому. Данные по изучению ботанического состава приведены в таблице.

**Ботанический состав бобово-злакового травостоя 1–3 укос 2023 г.
средневзвешенный % к массе**

Укосы		Без орошения			30мм			25мм			20мм			15мм		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Без удобрения	Бобовые	33	63	78	38	71	78	43	63	68	40	77	70	41	77	78
	Злаковые	65	35	20	60	27	20	55	35	30	58	21	28	57	21	20
НК	Бобовые	33	52	78	38	71	78	43	63	68	39	63	75	42	68	74
	Злаковые	65	46	20	60	27	20	55	35	30	59	35	23	56	30	24
НК+микроудобрения	Бобовые	37	63	46	34	54	52	39	70	69	39	74	63	41	58	42
	Злаковые	61	35	52	64	44	46	59	28	29	59	24	35	57	40	56
НК+ «Биогумус»	Бобовые	39	57	77	34	79	55	38	56	78	39	61	71	34	65	75
	Злаковые	59	41	21	64	19	43	60	42	20	59	37	27	64	33	23

К данным показателям по каждому укосу идет прибавка 2 % на разнотравье. Основная их масса была представлена такими сорняками, как ромашка непахучая, одуванчик лекарственный, щавель конский и другие.

Анализируя полученные данные, необходимо констатировать, что содержание бобового компонента, как основного источника белка и незаменимых аминокислот в корме существенно не изменялось в зависимости от изучаемых удобрений, но в отдельные укосы доходило до 79 %.

Более существенное влияние на содержание бобового компонента оказали укосы. Содержание бобового компонента наиболее низким было в первом укосе, а во втором и третьих укосах их процентное соотношение существенно увеличивается. Это объясняется тем, что во втором и третьем укосах некоторые злаковые травы, такие как овсяница луговая, не образуют генеративных побегов, вследствие чего масса их в образце становится меньше в сравнении с первым укосом.

Наибольший удельный вес среди бобовых компонентов имела люцерна посевная. Из злаковых компонентов наибольший удельный вес имел фестулолиум. Оставшаяся доля урожая была сформирована за счет клевера лугового, костреца безостого и овсяницы луговой.

Заключение

1. Важным показателем качества травяного корма является ботанический состав травостоя. За данный отчетный период особой взаимосвязи между ботаническим составом и применяемыми удобрениями, режимом орошения не просматривается.

2. Погодные условия в значительной мере влияют на соотношение бобовых и злаковых компонентов, их рост и развитие.

3. С увеличением доли бобовых компонентов, происходит увеличение сырого протеина в сухой массе корма.

4. Среди 5-компонентной бобово-злаковой травосмеси наибольший удельный вес имела люцерна полевая и фестулолиум.

ЛИТЕРАТУРА

1. Желтопузов В. Н., Шипилов И. А., Великдань Н. Т. Видовой состав и продуктивность многолетних травосмесей // Вестник АПК Ставрополья. – 2016. – № 3. – С. 168–171.
2. Сельманович В. Л. Кормопроизводство: учеб. пособие. – Минск: РИПО, 2021. – 261 с.
3. Ковганов В. Ф., Орешкин М. В., Линьков В. В. Динамика ботанического состава злакового травостоя в зависимости от способа улучшения // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2016. – № 2. – С. 71–75.
4. РГАУ МСХА зооинженерный факультет. [Электронный ресурс]. [activestudy.info](https://www.activestudy.info). Режим доступа: <https://www.activestudy.info/oroshenie-pochv-kormovux-ugodij>. – Дата доступа: 28.07.2024.
5. Дуброва Ю. Н., Лейко Д. М., Боровиков А. А. Использование природных ландшафтов в сельскохозяйственном производстве в условиях изменения климата // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 2(78). – С. 112–117.
6. Бадамшина Е. Ю. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество сена бобово-злакового агрофитоценоза // Агр. вестн. Урала – 2012. – №1. – С. 13–15.
7. Эколого-экономическая оптимизация режима орошения сельскохозяйственных культур / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, С. В. Набздорев и др. // Мелиорация. – 2023. – № 2(104). – С. 5–11.
8. Управление орошением сельскохозяйственных культур на основе расчета динамики почвенных влагозапасов / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, И. А. Романов и др. // Эффективное использование мелиорированных земель: проблемы и решения: Материалы Международной научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ, Тверь, 28 сентября 2018 года. – Тверь: Тверской государственный университет, 2018. – С. 270–275.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ДОЖДЕВАТЕЛЯ

А. Л. МАЗАЕВА, Ю. Н. ДУБРОВА

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

(Поступила в редакцию 12.08.2024)

Важным направлением в значительном повышении эффективности орошаемого земледелия Республики Беларусь является разработка и реализация новых ресурсосберегающих технологий и технических средств, обеспечивающих повышение продуктивности орошаемых земель и создание благоприятной экологической обстановки в агроландшафтах. Наличие значительного количества разнообразной по конструкции и назначению техники полива, а также хозяйств различных форм собственности в соответствующих почвенно-климатических зонах орошения и особенности существующих условий функционирования хозяйств, предопределяет острую необходимость в разработке новых методологических подходов в выборе эффективной дождевальной техники для конкретных хозяйств на основе применения методов многомерной статистики, позволяющих дать объективную оценку точности и достоверности выбора дождевальной техники.

Каждому способу орошения присущи свои особенности, которые связаны с режимом полива, поэтому при выборе способа орошения необходимо сперва проанализировать основные эксплуатационные и агротехнические способы и техники полива, целесообразные для орошаемого участка и возделываемых на нем культур. В настоящее время происходит восстановление дождевальной техники, создание новых высокотехнических конструкций дождевальных устройств (аппаратов, насадок), обеспечивающих экологически безопасный полив и экономию электроэнергии.

В связи с этим дождевальные устройства подвергаются неоднократной модернизации. Однако известно из литературных источников, что проводимые исследования еще не позволяют полностью решить проблему улучшения качества полива и создания новых высокотехнологичных конструкций дождевальных аппаратов и насадок.

Задача, на решение которой направлено заявленное изобретение – создание мелкодисперсного дождевателя-опрыскивателя, обеспечивающего мелкодисперсное распыление оросительной воды и предотвращающего разрушение структуры почвы, исключение влияния перепадов давления в трубопроводе дождевальной машины на работу дождевальной насадки.

Ключевые слова: мелкодисперсный дождеватель-опрыскиватель, насадка, дефлектор, сопло.

An important direction in significantly increasing the efficiency of irrigated agriculture in the Republic of Belarus is the development and implementation of new resource-saving technologies and technical means that ensure an increase in the productivity of irrigated lands and the creation of a favorable environmental situation in agricultural landscapes. The presence of a significant number of irrigation equipment of various designs and purposes, as well as farms of various forms of ownership in the corresponding soil and climatic irrigation zones and the specifics of the existing conditions of farm operation, predetermines an urgent need to develop new methodological approaches to choosing effective sprinkler equipment for specific farms based on the use of multivariate statistics methods that allow an objective assessment of the accuracy and reliability of the choice of sprinkler equipment. Each irrigation method has its own characteristics associated with the irrigation regime, therefore, when choosing an irrigation method, it is necessary to first analyze the main operational and agrotechnical methods and irrigation techniques that are appropriate for the irrigated area and the crops grown on it. Currently, there is a restoration of sprinkler equipment, the creation of new high-tech designs of sprinkler devices (apparatus, nozzles), providing environmentally friendly irrigation and energy savings.

In this regard, sprinkler devices are subject to repeated modernization. However, it is known from literary sources that the conducted research does not yet fully solve the problem of improving the quality of irrigation and creating new high-tech designs of sprinkler devices and nozzles.

The problem, which the claimed invention is aimed at solving, is the creation of a fine-dispersion sprinkler-sprayer, providing fine spraying of irrigation water and preventing the destruction of the soil structure, eliminating the influence of pressure drops in the sprinkler pipeline on the operation of the sprinkler nozzle.

Key words: fine-dispersion sprinkler-sprayer, attachment, deflector, nozzle.

Введение

Каждый способ орошения имеет свои особенности, связанные с режимом полива, поэтому при выборе метода полива необходимо провести анализ основных эксплуатационных и агротехнических приемов и техник полива, наиболее подходящих для конкретного орошаемого участка с выращиваемыми культурами. На сегодняшний день актуальной является задача восстановления дождевальной техники и создания новых высокотехнологичных конструкций дождевальных устройств (насадок, аппаратов), обеспечивающих эффективный полив и сбережение ресурсов [1, 2].

Основным и наиболее популярным видом орошения в зоне неустойчивого увлажнения является дождевание. В дождевальных устройствах искусственный дождь получается за счет искусственного или принудительного разбрызгивания струи воды, вытекающей из сопел или насадок под достаточно большим напором [3, 4, 5].

В типичном мелкодисперсном дождевателе-опрыскивателе поливные устройства содержат разъемные патрубки, соединенные между собой винтовыми муфтами, верхний конец корпуса патрубка

соединен с трубопроводом, а нижний патрубок соединен с горизонтальной трубкой. Дождеватель-опрыскиватель содержит корпус в виде диффузора, разделенный на два выходных вертикальных канала, основание его имеет уступ, снабженный вертикальными пластинами с возможностью вращения, а верхний конец пластины контактирует с клиновидным делителем потока. Клиновидный делитель потока жестко закреплен в верхней средней части полости диффузора соосно отверстию сопла корпуса. Корпус последнего выполнен заодно целое с цилиндрическим корпусом сопла. Данная конструкция дождевателя за последние годы оставалась неизменной. Современные методы проектирования и моделирования водного потока позволяют разработать более совершенные конструкции дождевателя [6].

Цель изобретения – создание мелкодисперсного дождевателя-опрыскивателя, обеспечивающего мелкодисперсное распыление оросительной воды и предотвращающего разрушение структуры почвы, исключение влияния перепадов давления в трубопроводе дождевальной машины на работу дождевальной насадки.

Основная часть

Основным рабочим органом, преобразующим водяной поток в дождевые капли, являются различного типа дождевальные насадки и аппараты.

Нами предложена новая конструкция дождевателя-опрыскивателя, которая позволяет выполнять орошение дождеванием и способствует повышению урожайности при выращивании растений в процессе полива, повышения эксплуатационной надежности работы мелкодисперсного дождевателя-опрыскивателя при заборе воды из открытых каналов с наносами и высоким содержанием минеральных примесей и улучшение условий эксплуатаций.

Указанный технический результат достигается тем, что мелкодисперсный дождеватель-опрыскиватель, включающий монтируемый на водопроводящем трубопроводе корпус, закрепленный на стойке дефлектор и сопло с центральным отверстием, согласно изобретению, связан по высоте со струйными выпускными каналами. Данный корпус имеет продолжение по высоте и выполнен в виде диффузора, выходное отверстие которого имеет клиновидный делитель потока в центре установленного соосно отверстию сопла корпуса и образует два выходных канала, а основание его с уступом снабжено струйным усилителем потока в виде двух вертикальных пластин. Пластины выполнены по форме профиля внутренней поверхности корпуса диффузора, сохраняя при этом их вертикальное положение, закрепленных нижней частью к оси вращения к основанию выступа диффузора и ограниченного угла наклона в контакте к вершине конусного делителя с обеих его сторон. Выходные каналы в нижней своей части связаны пневматически входными каналами в боковых стенках с отверстиями диффузора с помощью линий связи последовательного соединения с пневматическим струйным генератором и с источником давления воздуха. Насадки, служащие для формирования струй потока на выходе из двух выходных каналов диффузора, закреплены съемно-сферической формой к корпусу боковых стенок и сверху к основанию клиновидного делителя потока с помощью болтового соединения. Выход насадок снабжен конусным дефлектором, расположенным против дополнительного сопла, при этом угол факела раскрытия конусного дефлектора выполнен на 120° в направлении вертикальной оси водовыпускного отверстия съемного сферического насадка.

Корпус сопла с центральным отверстием составляет одно целое с корпусом формы диффузора. Корпус диффузора ассиметрично расположен к съемной сферической насадке с дополнительным соплом и имеет на наружной поверхности боковой стенки диффузора винтовой паз, в который ставится палец с возможностью фиксации таким образом, что можно осуществлять допустимое значение изменения высоты регулирования корпуса дефлектора.

Сменные сферические насадки выполнены с диаметром выходного отверстия от 3 до 14 мм, но не более чем 0,7 диаметра основания дефлектора. Насадки имеют дополнительное сопло в виде выходных отверстий, которые выполнены из пластика или из полиэтилена высокой прочности.

Кроме того, конусный диффузор и его держатель в виде стойки (ножки) с утолщением нижнего конца выполнены из алюминия и его сплавов. Корпус сопла с центральным отверстием заодно с диффузором выполнены из оцинкованной стали. Поливные устройства, которые состоят из вертикальных патрубков, соединены между собой винтовыми муфтами.

Отличие предлагаемого мелкодисперсного дождевателя-опрыскивателя в том, что имеющийся корпус сопла с центральным отверстием, заодно связан с корпусом диффузора с двумя выходными каналами. Выходные отверстия каждого канала сверху оснащены жестким клиновидным делителем потока. Основание уступа диффузора имеет струйный усилитель потока в виде вертикальных пла-

стин по форме внутренней поверхности боковых стенок диффузора с закрепленным нижним концом к горизонтальной оси вращения, верхний часть контактирует с плоскостью острого конца конусного делителя потока с обеих его сторон. При этом в боковых стенках диффузора выполнены входные каналы (отверстия), связанные с пневматическим струйным генератором, который в свою очередь связан с источником давления воздуха.

Насадки формы сферы с дополнительными соплами расположены в обоих каналах диффузора и закреплены посредством болтового соединения. Каждая насадка сверху снабжена конусным дефлектором, острием вниз. Конусный дефлектор верхним основанием жестко связан со стойкой (ножкой) крепления с утолщением нижнего конца для крепления в винтовой паз, что будет соответствовать для изменения высоты регулирования корпуса дефлектора над дополнительным соплом насадка. Следовательно, появляется возможность менять высотное положение, соответственно и размер капель мелкодисперсного опрыскивателя.

Полив можно проводить малыми нормами и небольшой интенсивностью с минимальной глубиной промачивания, чтобы избежать вымывания питательных элементов и потерь гумуса, так как это приводит к снижению плодородия почв. Кроме того, имеется возможность располагать дождеватель на штанге по высоте над растениями в зависимости от фазы развития за счет имеющихся вертикальных патрубков, соединенных между собой винтовыми муфтами.

Корпус штанг крепится к нижней части водоподающего трубопровода дождевальной машины и обеспечивает поверхностный полив по мере роста сельскохозяйственных культур. Это позволяет расширить зону распыления за счет конструкции корпуса диффузора с двумя вертикальными продольными каналами и с дефлектором сверху над ними, а значит, получать хорошее качество дождя и начинать полив с небольшого давления равного 0,05 МПа. На рис. 1 представлена общая конструкция дождевателя.

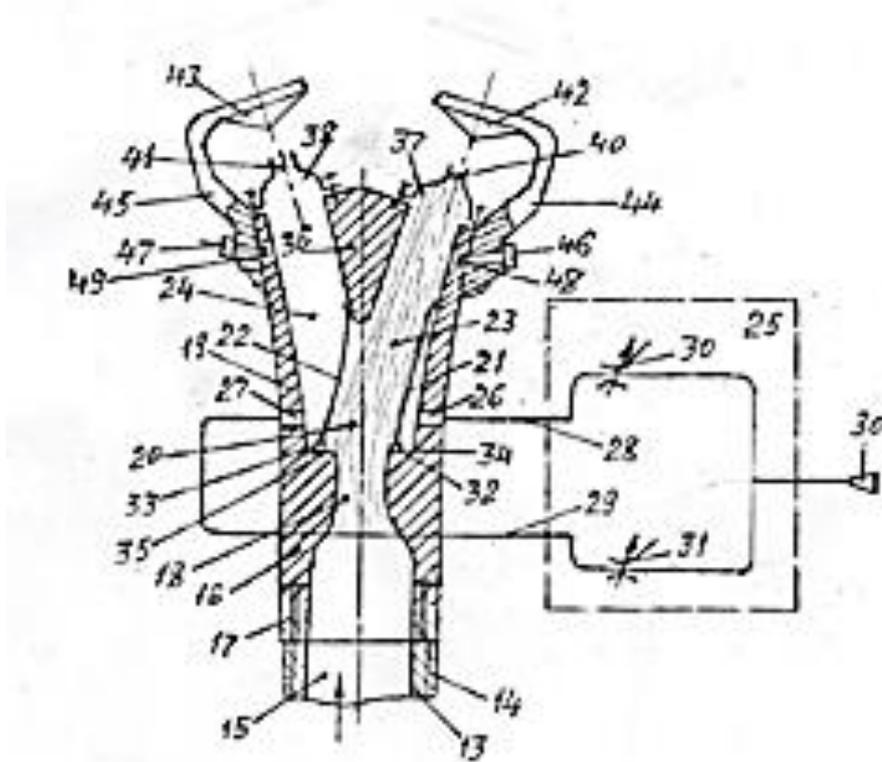


Рис. 1. Мелкодисперсный дождеватель-опрыскиватель, общий вид

Мелкодисперсный дождеватель-опрыскиватель (рис. 2) содержит монтируемый посредством корпуса короткого патрубка 1 с резьбой 2 водопроводящего трубопровода 3, в нижней части которого устанавливают поливные устройства 4 в виде штанги, которые состоят из вертикальных патрубков 5, 6, 7 соединенных между собой винтовыми муфтами 8. На конце нижнего патрубка 7 (может быть патрубок 6 или 5, в зависимости от роста растений) установлен с двумя горизонтальными трубками 9 с регулируемым шаровым краном 10. На трубках поливного устройства 4 установлены основной 11 и дополнительный 12 дождеватели-опрыскиватели.

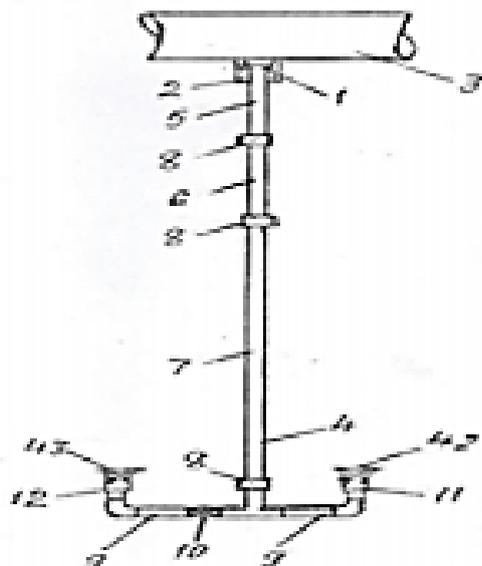


Рис. 2. Фрагмент напорного трубопровода дождевальной машины (вид сбоку) и возможное положение горизонтальной трубки с диффузором с дождевателями-опрыскивателями

Основные дождеватели кругового полива предназначены для постоянного полива с заданным расходом воды, которые монтируются на водопроводящих трубках 9 вертикального цилиндрического корпуса 13 с помощью резьбового соединения 14 в нижней своей части с полостью 15 корпуса 13 и имеющего также корпус 16 с резьбовым соединением 17 в нижней своей части с полостью 18. Корпус 16 выполнен как одно целое с корпусом 19 в форме диффузора с полостью 20 (рис. 3).

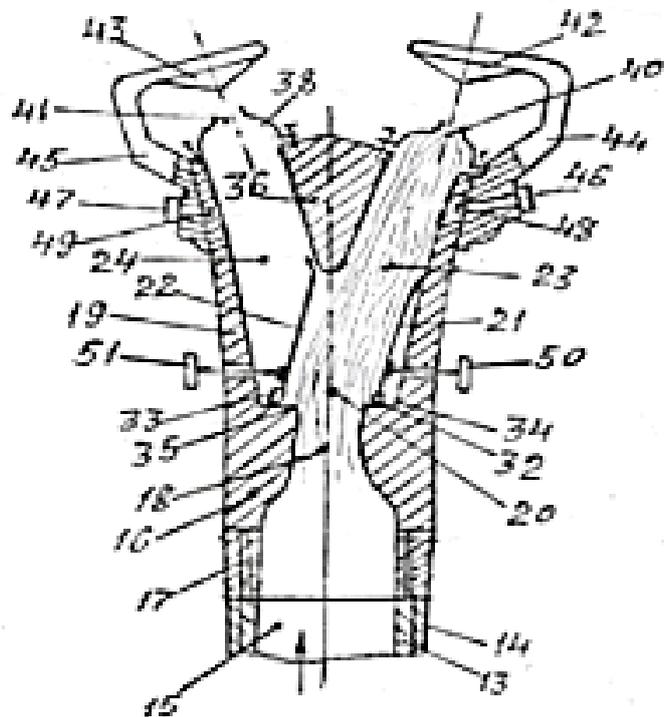


Рис. 3. Вариант выполнения струйного усилителя потока в виде вертикальной пластины, связанной стержнем резьбового соединения, ввернутых в резьбу боковой стенки диффузора в упор боковой поверхности стенки вертикальной пластины

При этом в боковых стенках диффузора 19 для отклонения (наклона) струйного усилителя в виде вертикальных пластин 21 и 22 для возможного перетекания воды из одного вертикального выходного канала 23 в другой вертикальный выходной канал 24, или наоборот.

С помощью пневматического усилителя генератора 25 через воздушные каналы 26 и 27 (отверстия) в боковых стенках диффузора 19 управления пневматического генератора 25 соединены с выходными линиями 28 и 29 (трубками) пневматического струйного генератора 25 (рис. 1). Состояние пневматического усилителя в такой схеме варианта обеспечивает в линиях с помощью дросселей 30 и 31 воздухом от источника давления 30 попеременно в выходные линии 28 и 29 с помощью настройки в автоматическом режиме пневматического генератора 25 (блок-схема управления не входит раскрытия для упрощения схемы автоматики, а также в описание ее рассмотрения на изобретение). При появлении давления воздуха, например, в линии 28 воздух поступает в воздушный канал 26 в боковые стенки диффузора 19.

Описываемый мелкодисперсный дождеватель-опрыскиватель с корпусом диффузора 19 содержит также сверху над выходными каналами 23 и 24 две съемные насадки 37 и 38 сферической формы. При этом нижняя часть насадок 37 и 38 закреплена болтовыми соединениями 39 к боковой стенке корпуса диффузора 19, а также к верхнему основанию клиновидного делителя потока 36.

Над насадками 37 и 38, имеющими дополнительное сопло с водовыпускным отверстием 40 и 41, установлен дефлектор 42 и 43 в виде вертикального кругового конуса с вершиной 44 и 45, которая направлена вниз соосно водовыпускному отверстию 40 и 41 съемного насадка 37 и 38.

При этом дефлекторы 42 и 43 посредством, по крайней мере, с одной жесткой вертикальной стойки (ножки), связаны с основанием сверху дефлектора 42 и 43, а с другой стороны, ножка 44 и 45 своим утолщением в нижней части концом связана пальцем 46 и 47 фиксатором в винтовой паз 48 и 49 с наружной стороны в боковой стенке диффузора 19 каналов 23 и 24, что будет соответствовать для изменения высоты регулирования корпуса дефлектора 42 и 43 над соплом насадка 37 и 38 с помощью отверстий сбоку на утолщенной плоскости ножки 44 и 45 (не показано), а значит, можно менять размер мелкодисперсного опрыскивания растений. Кроме того, ножка (стойка) 44 и 45 и дефлектор 42 и 43 сконструированы единой деталью, и выполнены из алюминия и его сплавов.

Жесткий каркас ножки 44 и 45 с дефлектором 42 и 43 защищает съемную насадку 37 и 38 от внешних воздействий и механических повреждений, а также обеспечивает удобную установку и замену таких ее частей как дополнительное сопло с водовыпускными отверстиями 40 и 41, а также установку дефлектора 42 и 43. С целью антикоррозионной защиты стальной корпус 16 сопла с центральным отверстием 18 и диффузор 19 с полостью 20 оцинкован методом горячего цинкования, что придает им долговечность и высокую надежность.

Насадки монтируют с помощью болтового крепления (возможен вариант с помощью резьбового соединения) сверху к боковой стенке диффузора 19 и к основанию конусного делителя потока 36. Выполнение корпуса диффузора 19 из двух вертикальных выходных каналов 23 и 24 с двумя сверху сферической формы насадками 37 и 38, позволяет обеспечить плотность распыла струй при их регулировании, а также позволяет использовать частоту настройки переброски струй в один из выходных каналов диффузора 19 за счет настройки управления пневматического генератора 25, обеспечивая затем равномерное увлажнение почвы для сельскохозяйственных культур.

При этом изготовление сменных насадок 37 и 38 с соплами с диаметром отверстия от 3 до 14 мм позволяет дифференцировать дождевательные насадки по расходу воды. Для повышения равномерности полива по площади захвата, угол факела раскрытия 120° или угол наклона стенки дефлектора 30° к горизонту.

По варианту выполнения (рис. 4) монтаж крепления устройств дождевателя-опрыскивателя может также осуществляется с помощью устройства в виде небольшой кольцевой замкнутой трубчатой панели 52 по кругу, соединенной на конце любого из патрубков 5, 6, 7 взамен установки горизонтальных трубок 9 с регулируемым шаровым краном 10, на трубках, которых поливного устройства устанавливаются дождеватели-опрыскиватели.

Сущность данного варианта (рис. 4) выполнения заключается в том, что количество их по кругу трубчатой панели 52 несколько больше за счет кольца по длине жесткой трубки. Корпус диффузора с насадками и с дефлектором крепится своей центральной частью трубчатой панели 52, например, к концу патрубка 7, в который поступает под напором вода. При этом патрубок в свою очередь связан с патрубком, имеющим радиальные патрубки 53 (лучами), которые прикреплены к боковым отверстиям, радиальные патрубки 53, которые связаны с кольцевой замкнутой трубки панели 52. Сама кольцевая трубчатая панель в диаметре устанавливается гидравлическим расчетом, и располагается в плане и относительно штанги на высоте от 1,0 до 1,5 м от поверхности почвы с растениями [1].

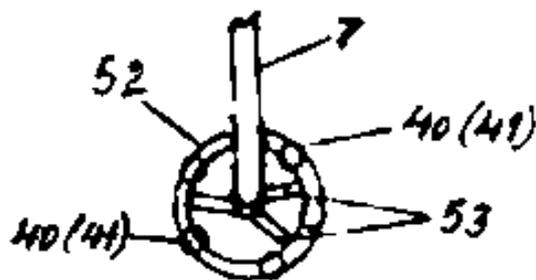


Рис. 4. Фрагмент варианта выполнения соединения патрубка штанги с кольцевым замкнутым трубопроводом с фиксацией дождевателей-опрыскивателей по кругу, вид сверху

В кольцевой трубчатой панели 52 сверлят отверстия сверху и закрепляют в них вертикальные цилиндрические корпуса 13 связанные с корпусом 16, выполненным заодно с корпусом диффузора 19.

После окончания вегетационного полива с прекращением подачи воды отсоединяют от патрубка кольцевую трубчатую панель 52, т.е. производят консервацию, а все съемные устройства хранят в закрытом помещении на данном объекте.

Заключение

Таким образом, в целом, использования, вышеописанной конструктивной особенности комплекта элементов обеспечивает существенное преимущество по сравнению с аналогами (прототипом), простую конструкцию, универсальность системы, и расширяет функциональные возможности, заключающиеся в возможности применения изобретения для орошения мелкодисперсным дождевателем-опрыскивателем, обеспечивает высокое качество полива и предотвращает разрушение структуры почвы. Равномерное увлажнение почвы повышает урожайность сельскохозяйственных культур.

Использование предлагаемых технических решений находится на стадии разработки опытных образцов; позволит также упростить модульную конструкцию дождевателя-опрыскивателя, а также повысить ее надежность и долговечность, обеспечив при этом эффективное орошение сельскохозяйственных культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заявка на патент № 2024101026 РФ. Мелкодисперсный дождеватель-опрыскиватель / М. И. Голубенко, Ю. Н. Дуброва, А. Л. Мазаева. заявл. 15.01.2024.
2. Лихацевич А. П., Голченко М. Г. Орошаемое плодовоовощеводство: учеб. пособие; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 287 с.
3. Эколого-экономическая оптимизация режима орошения сельскохозяйственных культур / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, С. В. Набздорев и др. // Мелиорация. – 2023. – № 2(104). – С. 5–11.
4. Управление орошением сельскохозяйственных культур на основе расчета динамики почвенных влагозапасов / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, И. А. Романов и др. // Эффективное использование мелиорированных земель: проблемы и решения: Материалы Международной научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ, Тверь, 28 сентября 2018 года. – Тверь: Тверской государственный университет, 2018. – С. 270–275.
5. Дуброва Ю. Н., Лейко Д. М., Боровиков А. А. Использование природных ландшафтов в сельскохозяйственном производстве в условиях изменения климата // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 2(78). – С. 112–117.
6. Патент № 2793352 С1 Российская Федерация, МПК В05В 1/34. Дождеобразующее устройство дождевальной машины: № 2022127061: заявл. 17.10.2022; опубл. 31.03.2023 / Ю. Н. Дуброва, Е. А. Вчерашний, Ю. А. Мажайский [и др.].

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КРУГОЗОР

УДК 635.11: 635.12: 631.52:

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ПОСЕВА СЕМЯН НА КАЧЕСТВО И УРОЖАЙНОСТЬ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ВЕСЕННЕМ ПОСЕВЕ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН

М. М. АДИЛОВ

*Ташкентский государственный аграрный университет,
г. Ташкент, Узбекистан, e-mail: m.m.adilov@mail.ru*

А. С. АБДИГАПБАРОВ

*Каракалпакский сельскохозяйственный агротехнологический институт,
г. Нукус, Каракалпакстан, e-mail: azaabdi079@mail.ru*

(Поступила в редакцию 24.07.2024)

В данной статье приведены результаты исследований по изучению впервые в условиях Каракалпакстана глубины посева семян свеклы столовой при выращивании в весеннем сроке посева и определена оптимальная глубина посева, а также влияние глубины посева семян на качество и урожайность корнеплодов. Установлено, что оптимальным, по урожайности и качеству получаемых корнеплодов показал себя посев семян на глубину 3–4 см от поверхности почвы.

Ключевые слова: *столовая свёкла, семена, всходы семян, корнеплод, весенний посев, урожайность, товарность, глубина заделки.*

This article presents results of research, for the first time in Karakalpakstan, into the sowing depth of beetroot seeds when grown in the spring sowing period and determines the optimal sowing depth, as well as the effect of the sowing depth of seeds on the quality and yield of root crops. It was found that sowing seeds at a depth of 3–4 cm from the soil surface proved to be optimal in terms of yield and quality of the resulting root crops.

Key words: *beetroot, seeds, seedlings, root crop, spring sowing, yield, marketability, sowing depth.*

Введение

Корнеплоды столовой свеклы являются очень важным ценным пищевым продуктом, имеющим важное диетическое и лечебное значение для здоровья населения. На урожайность и качество корнеплодов столовой свеклы и их лежкость большое влияние оказывают условия выращивания и правильный подбор основных элементов технологии выращивания этой культуры. Одним из важных элементов технологии выращивания любой овощной культуры, в частности и столовой свёклы, является глубина заделки семян при посеве, которая оказывает существенное влияние на выход товарных корнеплодов, качество и величину урожая, а также их лежкость. В условиях Узбекистана корнеплоды столовой свеклы, предназначенные для зимнего хранения, выращиваются при летнем повторном сроке посева, в весеннем сроке посева предназначено для употребления населением.

В Узбекистане, в частности в Республике Каракалпакстан, несмотря на более суровые условия выращивания за счет правильного подбора основных элементов технологии выращивания можно повысить качество и урожайность корнеплодов столовой свеклы на 50 % за счет учета местных климатических и почвенных условий для получения регулярного качественного урожая с высокими показателями лежкости [3, 4].

Это в свою очередь удовлетворяет спрос населения на овощные культуры и расширяет ассортимент овощей, не только удовлетворяя растущие потребности населения, но и удовлетворяя спрос иностранных туристов, приезжающих в нашу страну и проживающих здесь, а также повышает потенциал выращиваемой продукции.

Исходя из этой цели, была поставлена задача изучить коллекцию сортов свеклы столовой с коротким вегетационным периодом, обладающих лечебными свойствами и ценным содержанием, и отобрать сорта, подходящие для климатических условий Республики Каракалпакстан [1].

Столовая свёкла также обладает высокими питательными и лечебными свойствами. Употребление корнеплода свеклы в ежедневном рационе оказывает положительное влияние на организм человека [2, 3, 4, 5, 7, 8].

Цель, задачи и методика исследования. В Узбекистане посевы свеклы столовой занимают более 8–10 % всей площади под овощными культурами и требуют своего расширения. Поэтому увеличение ассортимента овощных культур и совершенствование технологии выращивания столовой свеклы в условиях Каракалпакстана, т.е. за счет выбора правильной глубины посева семян, считается одним из актуальных вопросов овощеводства.

Глубина посева важна для того, чтобы семена корнеплодов одновременно проросли в открытом грунте. При неблагоприятных агрофизических свойствах почвы, при глубоком посеве семян их полевая всхожесть резко снизится. Если семена находятся близко к поверхности почвы, им нужно меньше времени и усилий для прорастания, они лучше снабжаются кислородом. Излишне неглубокая заделка может привести к чрезмерному пересыханию и недостатку влаги для высеянных семян [2, 3, 4, 6].

Исходя из вышеизложенного, в почвенно-климатических условиях Каракалпакстана были изучены глубины заделки семян столовой свеклы при весеннем посеве на грядках в четырёх вариантах: 2 см, 3 см, 4 см и 5 см. Опыты закладывались в четырехкратной повторности, согласно с общепринятой методикой исследований.

Основная часть

В 2019–2021 годах с целью комплексного изучения влияния глубины посева семян столовой свёклы при весеннем повторном сроке посева на качество, товарность и урожайность корнеплодов этой ценной культуры в почвенно-климатических условиях Каракалпакстана проведены необходимые научные исследования.

Исследования проводились с районированным отечественным сортом столовой свеклы Ягона, включенным в государственный реестр и созданным учёными нашей республики.

В процессе проведения исследований мы обнаружили, что различная глубина заделки семян свёклы столовой оказывала влияние на всхожесть проростков, рост и развитие растений. Так, на контрольном варианте, где семена были посеяны на глубину 4 см, через 13 дней появилось 10 % всходов. По сравнению с ним появление всходов ускорялось на 1–3 дня при посеве семян на глубину 2–3 см. При посеве семян на глубину 5 см, из-за излишнего заглубления наблюдалась задержка в появлении всходов.

Контрольному варианту с глубиной посева 4 см потребовалось 17 дней для полного прорастания 75 % всходов. При посеве семян на глубину 2–3 см, всходы появились на 2–4 дня раньше, чем в контроле. При посеве семян на глубину 5 см ростки появились через 19 дней, или на 2 дня позже, чем в контрольном варианте.

От всходов до появления 1-го настоящего листа на контрольном варианте прошло 13 дней, а на вариантах с глубиной посадки 2–3 см – 10–12 дней, в четвёртом контрольном варианте составила – 13 дней, а при заглублении до 5 см этот период еще более удлинялся.

Среди испытанных вариантов период от появления дружных всходов до достижения корнеплодами пригодной к потреблению спелости корнеплодов в варианте при глубине посева 2 см наступал на 1–2 дня раньше по сравнению с контрольным вариантом, при этом особенно выделялся от других вариантов вариант с глубиной посева 3 см. В остальных вариантах при прохождении этого периода отмечено различие с контрольным вариантом на 2 дня.

При весеннем посеве, как и при летнем, наблюдалась такая же закономерность проведения фенологических наблюдений по прохождению растениями каждого периода роста и развития. К примеру, в период проведения исследований при весеннем посеве наблюдалось, что по сравнению с контрольным вариантом период от массового появления всходов до уборки урожая во втором и третьем варианте при посеве на глубину 2–3 см проходил на 3–5 дней раньше, а в четвёртом варианте при заделке семян на глубину 5 см наоборот проходил на 3 дней позже.

Приведённые выше результаты исследований показывают, что испытанные различные глубины заделки семян столовой свеклы оказывают влияние на фенологические фазы, срок их прохождения и продолжительность. Глубина заделки семян оказывала влияние на высоту, ширину и количество листьев на растении и процессы роста и развития свёклы столовой, но не оказала существенного влияния на тип и цвет розетки.

В контрольном варианте, где семена были заделаны на глубину 4 см, в период наступления технической спелости корнеплодов высота листьев на растении составила 31,5 см, по сравнению с ним в вариантах с заделкой семян на глубину 2 и 3 см высота листьев была выше и составила 101,2 и 105,1 % по сравнению с контролем. Высота листьев у растений столовой свеклы при посеве семян на глубину

5 см составила 30,9 см, или 98,1 % по сравнению с контрольным вариантом. Также и по ширине листьев у растений в вариантах 2 и 3 см формировались листья с наибольшей шириной, что составило 102,8 и 104,9 % по сравнению с контролем, а в варианте с глубиной посева 5 см оно составило 98,8 % по сравнению с контрольным вариантом. Количество листьев на растении также варьировало в зависимости от глубины заделки семян в различных вариантах опыта.

Глубина посева семян при весеннем посеве оказала влияние на высоту и диаметр корнеплодов столовой свёклы, а также их среднюю массу. По таким морфологическим признакам, как цвет кожицы корнеплода и мякоть пульпы или мезодермы, между вариантами практически не было существенной разницы.

В наших опытах было установлено, что глубина посева семян при весеннем сроке посева, не влияла на некоторые из упомянутых выше морфологические особенности корнеплодов столовой свёклы.

Глубина заделки семян при весеннем посеве оказывала существенное влияние на урожайность, товарность и качество выращиваемых корнеплодов столовой свёклы (таблица).

Влияние глубины при весеннем сроке посева семян на качество, товарность и урожайность корнеплодов столовой свёклы сорта Ягона (2019–2021 гг.)

Заделка семян на глубину, см	Общая урожайность, т/га				По сравнению с контролем, %	Товарный урожай, т/га	Товарность корнеплодов, %	Средняя масса корнеплодов, гр
	2019 год	2020 год	2021 год	средняя				
2 см	21,0	21,4	22,2	21,5	95,9	20,6	95,8	88,5
3 см	22,3	23,1	23,3	22,9	102,2	21,5	93,9	90,2
4 см (контроль)	22,0	22,4	22,8	22,4	100,0	20,9	93,3	88,7
5 см	19,4	19,9	19,4	19,5	87,0	18,5	94,8	87,9
средний	21,2	21,7	21,9	21,6				
НСР₀₅ т/га	0,29	0,42	0,45	0,32				
Сх, %	0,12	0,17	0,18	0,13				

При этом выход товарных корнеплодов в общем урожае варьировал по вариантам и составил от 93,3 до 93,9 процентов от общего урожая. Средняя масса корнеплодов была самой высокой в варианте с посевом семян на глубину 3 см и составила 90,2 грамм.

Среди изученных вариантов опыта по определению глубины посева семян столовой свёклы при весеннем сроке посева наибольшая урожайность наблюдалась в третьем варианте, при глубине заделки семян 3 см. При этом общая и товарная урожайность составила 22,9 т/га, что составило соответственно 102,2 процента по сравнению с контрольным вариантом. Товарная урожайность составила 21,5 т/га.

Заключение

1. В контрольном варианте при высева семян весеннего периода на глубину 4 см средняя масса формируемых корнеплодов составила 88,7 г, показатель 3-го варианта был на 1,5–1,6 г больше, чем у контрольного, а у остальных вариантов средняя масса корнеплодов была ниже.

2. В весеннем сроке посева самая наибольшая урожайность получена на третьем варианте при глубине посева 3 см, при этом она составляла 22,9 т/га, что было на 102,2 процента выше по сравнению с контрольным вариантом. Как чрезмерно поверхностная, так и чрезмерно заглубленная заделка семян достоверно снижала урожайность и качество корнеплодов.

4. На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в почвенных условиях Каракалпакстана семена столовой свёклы целесообразно сеять и заделывать на оптимальную глубину 3–4 см от поверхности почвы независимо от срока весеннего посева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эргашев Г.А. Создание исходного материала для селекции сортов столовой свёклы // Ж. Агроилм. – Ташкент, 2001. – № 5. – С. 23–24.
2. Зуев В. И., Адилов М. М. Рекомендации по технологии возделывания столовой свёклы в повторной культуре. – Ташкент, 1997. – 14 с.
3. Зуев В. И., Адилов М. М. Подбор сортов столовой свёклы для ранневесеннего и летнего сроков посева. // Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука – сельскому хозяйству», посвящ. 70-летию Алтайского ГАУ. – Барнаул, 2013. – Книга 2. – С. 10–12.
4. Адилов М. М. Научные основы технологии выращивания корнеплодов и семян свёклы столовой в Узбекистане. Монография. – Ташкент, Редакционно-издательский отдел ТашГАУ, 2015. – 172 с.
5. Буриев Х., Зуев В., Кодирходжаев О., Мухамедов М. Корнеплодные овощи. // Прогрессивные технологии выращивания овощных культур в открытом грунте. – Ташкент, Национальная энциклопедия Узбекистана, 2002. – С. 231–262.
6. Буриев Х. Ч. Столовая свёкла // Семеноводство и селекция овощных культур. – Ташкент, Мехнат, 1999. – С. 295–300.
7. Егоров С. С., Хороших Н. Н. Свёкла столовая // Овощеводство открытого грунта. – Москва, Колос, 1984. – С. 224–228.
8. Пивоваров В. Ф., Арамов М. Х. Столовая свёкла // В.кн.: Овощные и бахчевые культуры в Узбекистане. – Москва, 2001. – С.194–199.

Научно-методический журнал «Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии» публикует результаты научных исследований сотрудников УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», других научных учреждений и организаций в области аграрной экономики, земледелия, селекции, растениеводства, мелиорации и землеустройства, механизации и сельскохозяйственно-го машиностроения, инновационных образовательных технологий.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научная статья, написанная на белорусском, русском или английском языках, должна являться оригинальным произведением, неопубликованным ранее в других изданиях.

Статья присылается в редакцию в распечатанном виде на бумаге формата А4 и в электронном варианте отдельным файлом на флеш-карте, либо высылается на электронный адрес редакции: vestnik-bгаа@yandex.ru.

К статье должны быть приложены: рецензия-рекомендация специалиста в соответствующей области, кандидата или доктора наук; **сопроводительное письмо** дирекции или ректората соответствующего учреждения (организации); **контактная информация:** фамилия, имя, отчество автора, занимаемая должность, ученая степень и звание, полное наименование учреждения (организации) с указанием города или страны, номер телефона и адреса (почтовый и электронный). Если статья написана коллективом авторов, сведения должны подаваться по каждому из них отдельно.

Требования, предъявляемые к оформлению статей: объем 14000–16000 печатных знаков (считая пробелы, знаки препинания, цифры и т.п., или 4–5 страниц воспроизведенного авторского иллюстрационного материала); набор в текстовом редакторе **Microsoft Word**, шрифт **Times New Roman**, размер шрифта 11, через 1 интервал, абзацный отступ 0,5 см; список литературы, аннотация, таблицы, а также индексы в формулах набираются 9 шрифтом; поля: верхнее, левое и правое – 20 мм, нижнее – 25 мм, страницы не должны быть пронумерованы: номера страниц проставляются карандашом на оборотной стороне листа; ориентация страниц только книжная; использование автоматических концевых и обычных сносок в статье не допускается; **таблицы** набираются непосредственно в программе Microsoft Word и нумеруются последовательно, ширина таблиц – 100 %; **формулы** составляются в редакторе формул MathType (собственным редактором формул Microsoft Office 2007 и выше пользоваться нельзя, т. к. в редакционно-издательском процессе он не поддерживается); греческие буквы необходимо набирать прямо, латинские – курсивом; **рисунки** вставляются в текст в формате JPEG или TIFF (разрешение 300–600 dpi, формат не более 100x150 мм); **список литературы** должен быть оформлен в соответствии с действующими требованиями Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь; ссылки на цитируемую в статье литературу нумеруются в порядке цитирования, порядковые номера ссылок пишутся внутри квадратных скобок с указанием страницы (например, [1, с. 125], [2]). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Структура статьи:

индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК);

название должно отражать основную идею выполненных исследований, быть по возможности кратким;

инициалы и фамилия автора (авторов);

аннотация (200–250 слов) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для опубликования в аннотациях к журналам отдельно от статьи;

ключевые слова (рекомендуемое количество – 5–7);

введение должно указывать на нерешенные части научной проблемы, которой посвящена статья, сформулировать ее цель (содержание введения должно быть понятным также и неспециалистам в исследуемой области); **анализ источников**, используемых при подготовке научной статьи, должен свидетельствовать о достаточно глубоком знании автором (авторами) научных достижений в избранной области, автору (авторам) необходимо выделить новизну и свой вклад в решение научной проблемы, следует при этом ссылаться на оригинальные публикации последних лет, включая и зарубежные; **а также учитывать опыт ученых БГСХА, что должно быть отражено при оформлении пристрастной части списка литературы;** здесь же указывается цель исследования;

основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами), полученные

результаты должны быть проанализированы с точки зрения их достоверности и научной новизны и сопоставлены с соответствующими **известными** данными;

заключение должно в сжатом виде показать основные полученные результаты с указанием их научной новизны и ценности, а также возможного применения с указанием при необходимости границ этого применения.

В конце статьи автору (авторам) необходимо поставить дату и подпись.

Редколлегия оставляет за собой право отклонять статьи, не соответствующие профилю и требованиям журнала, содержащие устаревшие (5–7-летней давности) результаты исследований, однолетние данные и оформленные не по правилам.

Статьи аспирантов, докторантов и соискателей последнего года обучения публикуются вне очереди при условии их полного соответствия данным требованиям. Единоличные статьи аспирантов, докторантов и соискателей предоставляются с подписью научного руководителя.

Редакционная коллегия журнала осуществляет дополнительное рецензирование поступающих рукописей статей (двойное слепое рецензирование: автор не знает рецензента, рецензент не знает автора). Возвращение статьи автору на доработку не означает, что она принята к печати, переработанный вариант снова рассматривается редколлгией.

Датой поступления считается день получения редакцией окончательного варианта статьи. Редакция может принять решение о публикации статьи без рецензирования, если качество представленного исследования дает достаточно оснований для такой оценки. Публикация статей в журнале бесплатная.

Ответственность за точность представленных материалов несут авторы и рецензенты, за направление в редакцию уже ранее опубликованных статей или статей, принятых к печати другими изданиями, – авторы.

Подавая статью в редакцию журнала, автор подтверждает, что редакции передается бессрочное право на оформление, издание, передачу журнала с опубликованным материалом автора для целей реферирования статей из него в любых Базах данных, распространение журнала/авторских материалов в печатных и электронных изданиях, включая размещение на выбранных, либо созданных редакцией сайтах в сети интернет, в целях доступа к публикации любого заинтересованного лица из любого места и в любое время, перевод статьи на любые языки, издание оригинала и переводов в любом виде и распространение по территории всего мира, в том числе по подписке.

Статьи, не отвечающие вышеперечисленным требованиям, редакцией не рассматриваются (без дополнительного информирования автора).

Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить редакционную правку.

Редакционный совет

Великанов В. В., кандидат ветеринарных наук, доцент, ректор учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (Беларусь).

Папаскири Т. В., доктор экономических наук, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, врио ректора Государственного университета по землеустройству (Россия).

Казарян Э. С., доктор экономических наук, профессор, президент Центра аграрной науки, образования и инноваций (Армения).

Титова В. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой агрохимии и агроэкологии биоэкологического факультета Нижегородского государственного агротехнологического университета (Россия).

Адилов М. М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры овощеводства и организации тепличного хозяйства Ташкентского государственного аграрного университета (Узбекистан).

Завалин А. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Российской академии наук, академик-секретарь отделения сельскохозяйственных наук РАН (Россия).

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

Астахов В. С., доктор технических наук, доцент, профессор кафедры механизации растениеводства и практического обучения.

Буць В. И., доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры математического моделирования экономических систем агропромышленного комплекса.

Бушуева В. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры селекции и биотехнологии растений.

Дубежинский Е. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий межвузовской научно-исследовательской лабораторией мониторинга и управления качеством высшего аграрного образования.

Иванистов А. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, начальник научно-исследовательской части.

Желязко В. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой мелиорации и водного хозяйства.

Карташевич А. Н., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов, автомобилей и машин для природообустройства.

Ленькова Р. К., доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры математического моделирования экономических систем агропромышленного комплекса.

Лихацевич А. П., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, главный научный сотрудник РУНИП «Институт мелиорации НАН Беларуси».

Персикова Т. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения.

Саскевич П. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры защиты растений.

Тибец Ю. Л., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, проректор по научной работе.

Шелюто Б. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры кормопроизводства и хранения продукции растениеводства.

Ведущий редактор Савчиц Е. П.

Редактор технический 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, 2024

Подписано в печать 10.09.2024 Формат 60/84^{1/8}

Усл. печ. л. 18,6 Уч.-изд. л. 14,6 Заказ Тираж 50 экз.

*Отпечатано с оригинал-макета в отделении ризографии и художественно-оформительских работ
центра научно-методического обеспечения учебного процесса УО БГСХА*

213407, Могилевская область, г. Горки, ул. Мичурина, 5