

ВЕСТНИК

БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

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

2024 № 2

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

СОДЕРЖАНИЕ

АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

И. И. Лобан. Проблемы оценки и отражения ненаблюдаемой экономической деятельности на макроуровне.....	5
Е. Н. Клипперт, С. Н. Ковалёва. Учет топлива в свете нормативных актов.....	11
П. В. Расторгуев, И. Г. Почтовая. Методологические аспекты оценки резервов сквозного управления качеством агропродовольственной продукции.....	15
Ал. В. Колмыков. Механизм оптимизации сельского расселения как социальная основа устойчивого развития административных районов.....	21

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

А. П. Гвоздов, Е. А. Пучко, Л. А. Булавин, М. А. Белановская, В. Д. Кранцевич. Совершенствование защиты посевов кукурузы от сорняков.....	32
Д. А. Батюков, Е. Л. Андроник, Е. В. Иванова. Спектр и частота индуцированных мутаций льна масличного в поколении M_2	38
В. А. Радовня, Д. А. Романьков, А. С. Мастеров, А. Ч. Скируха. Законы земледелия в применении к отрасли растениеводства. Часть II. Использование расширенного перечня законов земледелия и растениеводства в учебном процессе.....	43
М. О. Моисеева, Н. Н. Зенькова, Т. М. Шлома, И. В. Ковалёва, А. М. Синцера, Н. П. Лукашевич. Сравнительный анализ химического состава зеленой и провяленной массы 1-го укоса многолетних бобовых трав.....	50
С. И. Романовский. Эффективность токсикантов на основе абаментина и циантранилипрола для контроля трипсов на огурце защищенного грунта.....	54
Т. М. Дайнеко, Н. А. Близиук. Результаты применения биофунгицида и микроудобрения на картофеле.....	60
Н. П. Лукашевич, И. В. Ковалёва, Т. М. Шлома, И. М. Коваль. Эффективность производства животноводческой продукции при использовании зернофуража вики посевной в бинарных посевах.....	64

П. А. Саскевич, С. С. Камасин, Йи Тана (Yi Tana). Анализ и оптимизация цифровых технологий в растениеводстве	69
О. К. Лобач. Оценка вредоносности совместного произрастания пырея ползучего и осота полевого в посевах ячменя ярового и кукурузы	75
Д. А. Дрозд. Оценка влияния орошения на рост и развитие ярового ячменя в условиях северо-востока Республики Беларусь	80
В. А. Сердюков. Влияние ширины междурядий на температуру почвы в зоне расположения картофеля и продолжительность физиологического периода покоя клубней	84
Н. Б. Павловский, Ж. А. Рупасова, А. В. Ральцевич, О. В. Дрозд, К. А. Добрянская, Н. Н. Вечер. Влияние генотипа растений и погодных условий вегетационного периода на лежкоспособность плодов жимолости синей и голубики высокорослой при комнатной температуре .	90
Ж. А. Рупасова, А. П. Яковлев, Г. И. Булавко, С. П. Зимич, К. А. Добрянская, Э. И. Коломиец, З. М. Алещенкова. Влияние удобрений на сезонную динамику микробиологических характеристик корнеобитаемой зоны выработанного торфяника верхового типа под посадками растений клюквы крупноплодной в условиях Беларуси	94
О. А. Хитрюк, В. Г. Таранухо. Влияние норм высева на формирование структуры урожайности и зерновой продуктивности сортов сои в условиях северо-восточной части Республики Беларусь	102
А. А. Жуковская. Вредоносность ринхоспориоза озимой ржи в условиях Республики Беларусь	107
Е. Л. Ионас. Влияние комплексных удобрений и регуляторов роста на урожайность, качество и химический состав клубней картофеля	112

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

П. Ю. Крупенин, А. Г. Лягуский. Теоретические исследования процесса формирования у поверхности затопленного чека ягодного вороха при механизированной уборке клюквы крупноплодной	117
В. К. Липская. Методические рекомендации по выбору прямых аналогов сельскохозяйственных машин на примере кормоуборочных комбайнов	126
В. С. Петрусенко, Г. О. Иванчиков. Использование сенсорных технологий для оптимизации внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в почву и его влияние на сельское хозяйство	131
В. С. Астахов, Г. Н. Лысевский, Г. О. Иванчиков. К вопросу разработки универсального высевающего аппарата катушечного типа для высева гранулированных минеральных удобрений пневматическими системами группового дозирования	136
А. Ф. Безручко, В. Г. Костенич, И. И. Бондаренко, Д. Е. Жданович, В. А. Белоусов. Методика исследований шума агрегатов и систем трактора	141
В. А. Шаршунов, М. В. Цайц, В. А. Левчук, С. В. Курзенков, А. В. Шик, И. А. Савченко. Обоснование конструкционных параметров бичей роторно-бильного обмолачивающего аппарата ..	147
А. П. Карлюк, В. Н. Еднач. Применение магнитных активаторов с целью повышения теплотворной способности дизельного топлива	154
Д. А. Михеев, А. А. Сысоев. Исследование движения семян рапса в камере смешивания центробежного дражироватора	162

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КРУГОЗОР

О. М. Астахова. Активизация воспитательного компонента в учебном процессе	168
А. Б. Ахундова, Ш. Д. Салимова, Т. И. Елмарлы. Микроэлементы (Mn, Mo, Zn, J) в желтоземно-глеевых почвах Ленкоранской субтропической зоны и их миграция в системе почва-растение (Азербайджан)	172

ОБЗОРЫ ФРАГМЕНТЫ, РЕЦЕНЗИИ

Т. Ф. Персикова, С. Д. Курганская, О. В. Мурзова, М. В. Царёва, Е. Ф. Валеяша, О. А. Поддубный. Вековая история кафедры почвоведения	178
---	-----

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

А. Р. Цыганов. Шаршунову Вячеславу Алексеевичу – 75 лет	184
--	-----

BULLETIN

OF THE BELARUSSIAN STATE AGRICULTURAL ACADEMY

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

2024 № 2

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

CONTENTS

AGRICULTURAL ECONOMICS

I. I. Loban. Problems of assessment and reflection of non-observable economic activity at the macro level.....	5
E. N. Klippert, S. N. Kovaleva. Fuel accounting in the light of regulations.....	11
P. V. Rastorguev, I. G. Pochtovaia. Methodological aspects of assessing reserves for end-to-end management of agricultural food products quality.....	15
Al. V. Kolmykov. Mechanism of rural settlement optimization as a social basis for sustainable development of administrative regions.....	21

FARMING AND PLANT-GROWING

A. P. Gvozdov, E. A. Puchko, L. A. Bulavin, M. A. Belanovskaia, V. D. Krantsevich. Improving the protection of corn crops from weeds.....	32
D. A. Batiukov, E. L. Andronik, E. V. Ivanova. The spectrum and frequency of induced oil flax mutation in the M ₂ generation.....	38
V. A. Radovnia, D. A. Romankov, A. S. Masterov, A. Ch. Skirukha. Laws of agriculture in application to the plant production branch Part II. Use of an expanded list of laws of agriculture and crop production in the educational process.....	43
M. O. Moiseeva, N. N. Zenkova, T. M. Shloma, I. V. Kovaleva, A. M. Sintserova, N. P. Lukashevich. Comparative analysis of the chemical composition of green and wilted mass of the first harvest of perennial leguminous grasses.....	50
S. I. Romanovskii. The efficiency of toxicants based on abamectin and cyantraniliprole for the control of thrips on cucumber in protected ground.....	54
T. M. Daineko, N. A. Blizniuk. Results of application of bio-fungicide and micro-fertilizer for potatoes.....	60
N. P. Lukashevich, I. V. Kovaleva, T. M. Shloma, I. M. Koval. Efficiency of animal husbandry production when using vetch grain fodder in binary crops.....	64

P. A. Saskevich, S. S. Kamasin, Yi Tana. Analysis and optimization of digital technologies in crop growing.....	69
O. K. Lobach. Assessment of the harmfulness of combined growing of creeping wheatgrass and field thistle in crops of spring barley and corn	75
D. A. Drozd. Estimation of the influence of irrigation on the growth and development of spring barley in the conditions of the north-east of the Republic of Belarus	80
V. A. Serdiukov. The influence of inter-row width on soil temperature in potato zone and the duration of physiological period of tubers dormancy	84
N. B. Pavlovskii, Zh. A. Rupasova, A. V. Raltsevich, O. V. Drozd, K. A. Dobrianskaia, N. N. Vecher. The influence of plant genotype and weather conditions of the vegetation period on the storing ability of fruit of blue honeysuckle and highbush blueberry at room temperature.....	90
Zh. A. Rupasova, A. P. Iakovlev, G. I. Bulavko, S. P. Zimich, K. A. Dobrianskaia, E. I. Kolomiets, Z. M. Aleshchenkova. The influence of fertilizers on the seasonal dynamics of microbiological characteristics of the root zone of a developed peatland of high type under large cranberry plants in the conditions of Belarus	94
O. A. Khitriuk, V. G. Taranukho. The influence of sowing norms on the formation of yield structure and grain productivity of soy varieties in the conditions of the north-eastern part of the Republic of Belarus	102
A. A. Zhukovskaia. Harmfulness of rhynchosporiosis of winter rye in the conditions of the Republic of Belarus.....	107
E. L. Ionas. The influence of complex fertilizers and growth regulators on yield, quality and chemical composition of potato tubers.....	112

MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING

P. Iu. Krupenin, A. G. Liaguskii. Theoretical research into the process of formation of berry heap near the surface of flooded basin during mechanized harvesting of large-fruit cranberry	117
V. K. Lipskaia. Methodical recommendations for the choice of direct analogues of agricultural machines on the example of forage harvesters	126
V. S. Petrusenko, G. O. Ivanchikov. The use of sensor technologies for the optimization of application of solid granular mineral fertilizers into the soil and its influence on agriculture	131
V. S. Astakhov, G. N. Lysevskii, G. O. Ivanchikov. On the issue of development of a universal roll-type sowing device for seeding granular mineral fertilizers using pneumatic group dosing systems .	136
A. F. Bezruchko, V. G. Kostenich, I. I. Bondarenko, D. E. Zhdanovich, V. A. Belousov. Methods of research into the noise of tractor devices and systems	141
V. A. Sharshunov, M. V. Tsaits, V. A. Levchuk, S. V. Kurzenkov, A. V. Shik, I. A. Savchenko. Substantiation of design parameters of beaters of rotor-beaters threshing device	147
A. P. Karliuk, V. N. Ednach. Application of magnetic activators to increase the calorific capacity of diesel fuel	154
D. A. Mikheev, A. A. Sysoev. Research into the movement of rape seeds in the mixing chamber of centrifugal seed coater	162

PROFESSIONAL OUTLOOK

O. M. Astakhova. Activization of pedagogical component in the educational process.....	168
A. B. Akhundova, Sh. D. Salimova, T. I. Elmarly. Microelements (Mn, Mo, Zn, I) in yellow-earth-gley soils of Lankaran subtropical zone and their migration in the system soil-plant (Azerbaijan) .	172

SURVEYS. FRAGMENTS. REVIEWS

T. F. Persikova, S. D. Kurganskaia, O. V. Murzova, M. V. Tsareva, E. F. Valeisha, O. A. Poddubnyi. Century-old history of the soil science department	178
--	-----

JUBILEE DATES

A. R. Tsyganov. The 75 th anniversary of the birth of Sharshunov Viacheslav Alekseevich.....	184
--	-----

АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 338.22.021.4

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ И ОТРАЖЕНИЯ НЕНАБЛЮДАЕМОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА МАКРОУРОВНЕ

И. И. ЛОБАН

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

(Поступила в редакцию 10.02.2024)

В статье рассматриваются методики оценки части экономической деятельности, не охваченной сплошным наблюдением с помощью статистической отчетности. Изучается учетно-статистический подход, при котором основным критерием выделения теневых экономических отношений выступает их неучитываемость, то есть отсутствие фиксации официальной статистикой. Приводятся методики, применяемые в отдельных странах членах Евразийского экономического союза для оценки объемов ненаблюдаемой экономической деятельности: Республике Беларусь, Российской Федерации, Республике Казахстан. Рассматриваются определения ненаблюдаемой экономики, как части национальной экономики, включающей деятельность по производству, обращению и использованию товаров и услуг, которая не охватывается государственными статистическими наблюдениями. Выделяются типы ненаблюдаемой экономики, охваченные статистическим наблюдением: скрытая экономическая деятельность по производству и обращению товаров и услуг, разрешенная законодательством, но преднамеренно скрывающаяся с целью сокрытия доходов и невыплаты налогов, неформальная экономическая деятельность по производству, обращению и использованию товаров и услуг, производственная деятельность домашних хозяйств, в результате которой домашние хозяйства потребляют или капитализируют произведенные ими же товары и услуги. Рассматриваются методы, которые позволяют оценить размер этих явлений: прямые, основанные на официальной статистической информации; косвенные, основанные на информации об отдельных фактах, явлениях или на сравнительном анализе данных, полученных из разных источников; балансовые, которые предполагают составление балансов ресурсов и использование их по отдельным товарам и услугам. Приводятся типы экономики, не охваченные наблюдением, и проблемы по их оценке. Сравнивается удельный вес ненаблюдаемой экономики в валовом внутреннем продукте в разных странах.

Ключевые слова: *теневая экономика, объемы ненаблюдаемой экономики, скрытая, неформальная и незаконная экономическая деятельность, валовой внутренний продукт, статистическая отчетность, домашние хозяйства.*

The article discusses methods for assessing the part of economic activity that is not covered by continuous observation using statistical reporting. The accounting and statistical approach is studied, in which the main criterion for identifying shadow economic relations is their non-accountability, that is, the absence of recording by official statistics. The methods used in individual countries members of the Eurasian Economic Union for assessing the volume of unobservable economic activity are given: the Republic of Belarus, the Russian Federation, the Republic of Kazakhstan. The definitions of the non-observed economy are considered as part of the national economy, including activities for the production, circulation and use of goods and services, which are not covered by government statistical observations. The types of non-observable economy covered by statistical observation are identified: hidden economic activities for the production and circulation of goods and services, permitted by law, but deliberately hidden in order to hide income and non-payment of taxes, informal economic activities for the production, circulation and use of goods and services, production activities of households, as a result of which households consume or capitalize the goods and services they produce. Methods that allow us to estimate the size of these phenomena are considered: direct, based on official statistical information; indirect, based on information about individual facts, phenomena or on a comparative analysis of data obtained from different sources; balance sheets, which involve drawing up resource balances and using them for individual goods and services. Types of the economy not covered by observation and problems in assessing them are given. The share of the non-observed economy in the gross domestic product in different countries is compared.

Key words: *shadow economy, volumes of the non-observed economy, hidden, informal and illegal economic activities, gross domestic product, statistical reporting, households.*

Введение

Ни одна экономика какой-либо страны мира не является полностью регулируемой и охваченной статистическим наблюдением. Часть экономической деятельности, не отраженную в макроэкономических показателях, скрываемую от общества и государства чаще всего называют «теневой экономикой». У этого термина есть множество синонимов, указывающих на сложность данного явления: черная (подпольная), серая (неформальная), вторая (беловоротничковая), фиктивная, параллельная, скрытая, нелегальная, запрещенная, неофициальная, криминальная, невидимая, недекларируемая, неучтенная, коррупционная. Теневая экономика – это хозяйственная деятельность вне государственных законодательных норм: уклонение от уплаты налогов, неофициальная занятость, оплата в конвертах, уход от уплаты обязательных социальных взносов, оборот нелегальных товаров и услуг, неофициальное предпринимательство, отказ от всяких форм учета и отчетности и другое.

Проблемы теневой экономики можно рассматривать с разных позиций. При теоретическом подходе теневая экономика рассматривается в большей степени как экономическая категория, отражающая сложную систему экономических отношений. Социологический подход рассматривает теневую экономику, с точки зрения взаимодействия социальных групп, экономического поведения субъектов, официального оформления и государственной регистрации субъектов хозяйствования. Юридический подход рассматривает деятельность криминальных институтов организованной преступности, незаконные операции в системе бухгалтерского учета. Макроэкономический подход предполагает изучение ее влияния на структуру экономики, производство, распределение и перераспределение валового внутреннего продукта, занятость, инфляцию, экономический рост. Особенностью экономического подхода является изучение ее влияния на эффективность экономической политики, распределение и использование экономических ресурсов, разработку надежных методов ее оценки и измерения. При учетно-статистическом подходе основным критерием выделения теневых экономических отношений выступает их неучитываемость, то есть отсутствие фиксации официальной статистикой [1]. Именно статистический подход и будет рассмотрен в данной статье.

Цель исследования – обобщение и систематизация подходов к оценке и отражению ненаблюдаемой экономической деятельности в разных странах, выявление сильных и слабых сторон с целью гармонизации методик.

Основная часть

Существуют два подхода к решению проблемы оценки и отражения теневой экономики с помощью статистического наблюдения, которые имеют общую основу, но направлены на достижение разных целей.

Первая цель заключается в том, чтобы обеспечить полное измерение всей деятельности, включая ту, которая может быть определена как «теневая». Часть экономики, которую сложно измерить, известна как ненаблюдаемая экономика, ее измерению посвящены отдельные публикации. Так, в утвержденной Статистической комиссией при Организации объединенных наций рекомендации по ведению Системы национальных счетов 2008 [2] отмечено, что в состав «теневой экономики» следует включать, в том числе и суммы ущерба и криминальных сделок по общеуголовным и экономическим преступлениям.

Вторая цель состоит в том, чтобы определить, что подразумевается под совокупностью экономических единиц, которые подлежат статистическому измерению их деятельности. При втором подходе признается, что для экономического анализа, важно иметь возможность измерить ту часть экономики, которая отражает усилия лиц, формально не имеющих работы, направленные на участие в каких-либо формах экономической деятельности, связанной с движением денег. Эту часть экономики называют неформальным сектором. Именно посредством оценки объема неформального сектора можно определить, насколько выгоды экономического развития доступны для населения.

В настоящее время в Республике Беларусь Национальным статистическим комитетом разработана методика оценки и отражения объемов ненаблюдаемой экономики. Учитывая необходимость ее гармонизации с государствами членами Евразийского экономического союза, сравним методику с методиками Российской Федерации и Республики Казахстан (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная оценка методик расчета объемов ненаблюдаемой экономики

Критерии сравнения	Республика Беларусь	Российская Федерация	Республика Казахстан
1. Название утвержденной методики статистическим органом страны	Методика по расчету объемов ненаблюдаемой экономики, утверждена постановлением Национального статистического комитета Республики Беларусь 26.04.2019	Нет на сайте, есть отдельные определения в составе Методологических положений системы национальных счетов	Методика оценки ненаблюдаемой экономики, утверждена приказом Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан 07.08.2019
2. Определение ненаблюдаемой экономики	Ненаблюдаемая экономика – это часть национальной экономики, включающая деятельность по производству, обращению и использованию товаров и услуг, которая не охватывается (не полностью охватывается) государственными статистическими наблюдениями	Экономика, ненаблюдаемая прямыми статистическими методами – это экономическая деятельность, разрешенная законом, но скрываемая или занижаемая по объему с целью уклонения от налогов и других обязательств перед государством, а также производственная деятельность некорпорированных предприятий домашних хозяйств, производящих продукцию для реализации на рынке и для собственного использования	Ненаблюдаемая экономика – виды производственной деятельности, неохваченные при сборе информации из основных источников, используемых для составления национальных счетов Незаконное производство – производство товаров и услуг, продажа, распространение и владение которыми запрещено действующим законодательством Теневое производство (скрытое) – вид деятельности, являющийся законным, однако производственная деятельность, которого намеренно скрывается от государственных органов Теневая экономика (теневой оборот) – деятельность, при которой производители предпочитают не декларировать часть или весь их доход в целях уклонения от уплаты налогов, а также нарушают трудовое законодательство или иммиграционный порядок, осуществляя неучтенный наем труда или принимают решение функционировать без официального разрешения
3. Типы ненаблюдаемой экономики, охваченные наблюдением	Скрытая экономическая деятельность – деятельность по производству и обращению товаров и услуг, разрешенная законодательством, но преднамеренно скрываемая (полностью или частично) с целью сокрытия доходов и невыплаты (занижения выплаты) налогов и других обязательных платежей Неформальная экономическая деятельность – деятельность по производству, обращению и использованию товаров и услуг, которая осуществляется, как правило, на законном основании физическими лицами, в том числе индивидуальными предпринимателями, основанная на неформальных трудовых отношениях между участниками производства (основанные на случайной занятости, родственных, личных отношениях)	Теневое производство – виды деятельности, которые являются законными, но намеренно скрываются от органов государственной власти в целях уклонения от уплаты налогов или следования законодательным нормам Производство неформального сектора – деятельность, осуществляемая некорпорированными предприятиями сектора домашних хозяйств, которые не зарегистрированы, и/или размер которых по количеству занятых меньше определенного порогового значения Производство домашних хозяйств – деятельность, в результате которой домашние хозяйства потребляют или капитализируют произведенные ими же товары и услуги	Незарегистрированные: производители, преднамеренно не регистрирующиеся (подпольная деятельность); производители, преднамеренно не регистрирующиеся, осуществляющие незаконную деятельность; производители, которые в соответствии с действующим законодательством не регистрируются Неохваченные обследованием: юридические лица, не охваченные наблюдением; зарегистрированные предприниматели, не охваченные наблюдением Неполная отчетность: производители, сознательно предоставляющие неточные данные Статистические досчеты: данные, которые являются неполными, не собранными или собранными не напрямую из первичных источников
4. Типы ненаблюдаемой экономики	Незаконная экономическая деятельность – деятельность	Незаконная экономическая деятельность –	Коррупционные сделки и экономические преступления: взяточничество, воровство,

номики, не охваченные наблюдением	по производству, обращению и использованию товаров и услуг, запрещенных законодательством, либо являющаяся незаконной, если деятельность по производству, обращению и использованию товаров и услуг осуществлена без получения производителями соответствующего разрешения или без государственной регистрации Коррупционные сделки и экономические преступления	деятельность, не разрешенная законом: производство и реализация наркотиков и оружия, проституция Коррупционные сделки и экономические преступления	мошенничество, рэкет, незаконный перевод денег за границу
5. Методы оценки ненаблюдаемой экономики	Прямые, основанные на официальной статистической информации Косвенные, основанные на информации об отдельных фактах, явлениях или на сравнительном анализе данных, полученных из разных источников Балансовые, которые предполагают составление балансов ресурсов и использование их по отдельным товарам и услугам	Косвенные, балансовые, экспертных оценок	Прямые: дополнительные наблюдения в секторе домашних хозяйств, в точках неорганизованной торговли, статистические наблюдения по использованию рабочего времени на предприятиях, изучение результатов налоговых, финансовых и других проверок; Косвенные: оценка размеров теневого рынка на основе расхождений с помощью метода доходов и расходов, оценка теневого оборота на основе данных налоговых органов, оценка роста теневого рынка в зависимости от падения активности трудового населения в официальной экономике с учетом затрат рабочего времени, использование монетарных агрегатов (спрос на наличную денежную массу); Комбинированные содержат как прямые, так и косвенные методы оценок, а также экспертные оценки

Примечание. Источник: собственная разработка на основании данных [3, 4, 5].

Сравнивая методики, представленные в табл. 1 видно, что наиболее схожи между собой методики в Республике Беларусь и Российской Федерации. Охвату подлежит теневое производство, преднамеренно скрываемое с целью уклонения от уплаты налогов или следования законодательным нормам, и деятельность неформального сектора, осуществляемая некorporированными предприятиями сектора домашних хозяйств, которые не зарегистрированы, по производству, обращению и использованию товаров и услуг. Эта деятельность осуществляется, как правило, на законном основании физическими лицами, в том числе индивидуальными предпринимателями, но основана на неформальных трудовых отношениях между участниками производства (на случайной занятости, родственных, личных отношениях, а не на договорных отношениях). Также в Российской Федерации и Республике Казахстан охвату подлежит производство домашних хозяйств – деятельность, в результате которой домашние хозяйства потребляют или капитализируют произведенные ими же товары и услуги, нанимают домашнюю прислугу. В Республике Беларусь также учитывают деятельность домашних хозяйств, но данные отдельной позицией не выделяют. Не подлежит наблюдению в Республике Беларусь и Российской Федерации в настоящее время незаконная экономическая деятельность – деятельность, не разрешенная законом: производство и реализация наркотиков и оружия, проституция. Такое наблюдение требует применения специальных приемов и методов.

В Республике Казахстан методика оценки ненаблюдаемой экономики значительно отличается. Она более детализирована и выделяет среди типов ненаблюдаемой экономики незарегистрированных производителей, неохваченных обследованием, предоставляющих неполную отчетность. Более детально поясняются и методы оценки: прямые, косвенные, комбинированные, экспертные. Кроме этого, в республике разработана и применяется Методика оценки объемов незаконной деятельности, утвержденная приказом Председателя Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан 08 сентября 2017 года [6].

Не соблюдаются пока ни в одной из рассмотренных стран требования Статистической комиссии при Организации объединенных наций по ведению Системы национальных счетов 2008 и отражению в ней сумм ущерба и коррупционных сделок по общеуголовным и экономическим преступлениям.

Размер досчетов ненаблюдаемой экономики в виде ее доли в валовом внутреннем продукте представлен в табл. 2.

Таблица 2. Удельный вес ненаблюдаемой экономики в валовом внутреннем продукте в 2021 году, %

Виды экономической деятельности	Республика Беларусь	Российская Федерация*	Республика Казахстан	
			ненаблюдаемая экономика	в том числе незаконная
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	1,5	1,2	2,5	0,2
Горнодобывающая промышленность	0,0	0,1	0,1	0,0
Обрабатывающая промышленность	0,6	0,6	1,5	0,5
Снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом	0,0	0,0	0,1	0,0
Водоснабжение; сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	0,0	0,0	0,1	0,0
Строительство	0,4	0,8	2,0	0,0
Оптовая и розничная торговля; ремонт автомобилей и мотоциклов	0,9	1,2	2,8	0,2
Транспортная деятельность, складирование, почтовая и курьерская деятельность	0,6	0,3	2,9	0,0
Услуги по временному проживанию и питанию	0,1	0,1	0,3	0,0
Информация и связь	0,8	0,0	0,4	0,0
Финансовая и страховая деятельность	0,0	0,0	0,1	0,0
Операции с недвижимым имуществом	4,4	6,1	0,8	0,0
Профессиональная, научная и техническая деятельность	0,6	0,2	1,3	0,0
Деятельность в сфере административных и вспомогательных услуг	0,2	0,3	0,9	0,0
Государственное управление	0,0	0,0	0,0	0,0
Образование	0,1	0,1	1,4	0,0
Здравоохранение и социальные услуги	0,0	0,1	0,8	0,0
Творчество, спорт, развлечения и отдых	0,1	0,1	0,4	0,0
Предоставление прочих видов услуг	0,3	0,1	1,5	0,5
Деятельность домашних хозяйств, нанимающих домашнюю прислугу и производящих товары и услуги для собственного потребления	–	0,5	0,0	0,0
Валовой внутренний продукт	10,6	11,6	19,8	1,4

Примечание. Источник: собственная разработка на основании данных [7, 8, 9], *Данные по Российской Федерации за 2019 год.

Из данных табл. 2 видно, что доля ненаблюдаемой экономики, на которую статистические органы корректируют размер валового внутреннего продукта составляет в Республике Беларусь и Российской Федерации соответственно 10,6 и 11,6 %. Половина этого размера приходится на вид экономической деятельности «операции с недвижимым имуществом». По данной позиции досчитывают выпуск услуг неформальной экономической деятельности по сдаче в аренду жилья, нежилых помещений. Для этого в расчет принимают стоимость оказанных жилищных услуг для собственного конечного потребления гражданами – собственниками жилых помещений, которые им необходимо было бы принять во внимание при установлении платы за пользование жилым помещением, при условии предоставления его во временное владение и пользование другим лицам, а не при проживании самим. Далее по размеру удельного веса следует вид экономической деятельности «сельское, лесное и рыбное хозяйство». По данной позиции выпуск товаров и услуг неформальной экономической деятельности складывается из объема производства продукции сельского хозяйства в хозяйствах населения, объема потребленных и переработанных продуктов охоты домашними хозяйствами, выпуска товаров и услуг индивидуальными предпринимателями, физическими лицами, уплачивающими единый налог, и физическими лицами, не уплачивающими налог.

Доля ненаблюдаемой экономики в Республике Казахстан (табл. 2) составила 19,8 %, что выше, чем в рассмотренных выше странах почти в 2 раза, учитывая более детальную методику и включение также незаконной деятельности. Наибольшая доля приходится на такие виды экономической деятельности, как «сельское, лесное и рыбное хозяйство», «строительство», «оптовая и розничная торговля, ремонт автомобилей и мотоциклов», «транспортная деятельность, складирование, почтовая и курьерская деятельность». По этим позициям отражают досчеты объемов производства сельскохозяйственной продукции, произведенной домашними хозяйствами, объемы произведенных работ по строительству дачных домов и других надворных построек на дачных и садовых участках, гаражей и других объектов физическими лицами, не представляющими данные в органы государственной статистики, объемы деятельности домашних хозяйств на транспорте и другое.

Заключение

Изучение методик оценки ненаблюдаемой экономики, с точки зрения статистического учета, показало, что требуется их дальнейшее совершенствование с учетом более полного отражения всех экономических операций, происходящих в стране. С позиции устранения явления «теневой экономики» в целом, требуется осуществление ряда мер, таких как стимулирование официальной занятости, улучшение условий труда, совершенствование налоговой системы, улучшение доступа к финансовым услугам и дальнейшее использование различных цифровых технологий платежей, повышение грамотности и осведомленности населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теневая экономика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://spravochnick.ru/ekonomika/tenevaya_ekonomika/. – Дата доступа: 30.01.2024.
2. Руководство «Измерение ненаблюдаемой экономики» [Электронный ресурс]. – Организация экономического сотрудничества и развития, Международный валютный фонд, Международная организация труда и Межгосударственный статистический комитет СНГ, 2002. – Режим доступа: <https://studylib.ru/doc/2138331/izmerenie-nenablyudaemoj-e-konomiki--rukovodstvo>. – Дата доступа: 30.01.2024.
3. Методика по расчету объемов ненаблюдаемой экономики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/metodologiya/metodiki-po-formirovaniyu-i-raschetu-statistichesk/>. – Дата доступа: 30.01.2024.
4. Национальные счета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/bgd/free/meta_2010/Main.htm. – Дата доступа: 30.01.2024.
5. Методика оценки ненаблюдаемой экономики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/upload/iblock/4da/de0a2buuzu61oshtfsyccsqvi03j0ho.rar>. – Дата доступа: 30.01.2024.
6. Методика оценки объемов незаконной деятельности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/upload/iblock/5ed/sv7vox1fl90udl64xboph51jkqpkprce.rar/>. – Дата доступа: 30.01.2024.
7. Статистический ежегодник Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_57394/. – Дата доступа: 30.01.2024.
8. Информация о социально-экономическом положении России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/compendium>. – Дата доступа: 30.01.2024.
9. Валовой региональный продукт Республики Казахстан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz/ru/industries/economy/national-accounts/publications/>. – Дата доступа: 30.01.2024.

УЧЕТ ТОПЛИВА В СВЕТЕ НОРМАТИВНЫХ АКТОВ

Е. Н. КЛИППЕРТ, С. Н. КОВАЛЁВА

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

(Поступила в редакцию 12.02.2024)

Своевременное поступление запасов, в том числе и горюче-смазочных материалов, а также их эффективное использование – одна из актуальных задач субъектов хозяйствования, без чего невозможен процесс производства. Горюче-смазочные материалы являются одной из основных статей затрат при эксплуатации автотранспорта и машинно-тракторного парка, поэтому очень важно организовать правильный учет и контроль за их движением. В свою очередь бухгалтерский учет дает информацию для изыскания резервов снижения себестоимости продукции в части рационального использования запасов, снижения норм расхода, обеспечения надлежащего хранения. Организация грамотного учета запасов в соответствии с требованиями законодательства в современных условиях является весьма актуальной проблемой для организаций. Вступление в силу Национального стандарта Республики Беларусь по бухгалтерскому учету и отчетности «Запасы» № 64 от 28.12.2022 г. определило новые подходы к учету запасов, в том числе и горюче-смазочных материалов и повлекло за собой возникновение ряда вопросов и разночтений. В статье рассмотрены основные вопросы организации учета топлива в свете действующих республиканских нормативных актов и формирования локальных актов в организации, позволяющих вести учет топлива без ошибок.

Ключевые слова: горюче-смазочные материалы, топливо, запасы, оценка, учет, нормативные акты.

Timely receipt of supplies, including fuels and lubricants, as well as their effective use is one of the urgent tasks of business entities, without which the production process is impossible. Fuels and lubricants are one of the main cost items in the operation of vehicles and machine and tractor fleets, so it is very important to organize proper accounting and control of their movement. In turn, accounting provides information for finding reserves for reducing production costs in terms of rational use of inventories, reducing consumption rates, and ensuring proper storage. Organizing competent inventory accounting in accordance with legal requirements in modern conditions is a very pressing problem for organizations. The entry into force of the National Standard of the Republic of Belarus on accounting and reporting "Inventories" No. 64 dated December 28, 2022 determined new approaches to accounting for inventories, including fuels and lubricants, and led to the emergence of a number of questions and discrepancies. The article discusses the main issues of organizing fuel accounting in the light of current republican regulations and the formation of local acts in the organization that allow fuel accounting to be carried out without errors.

Key words: fuels and lubricants, fuel, reserves, assessment, accounting, regulations.

Введение

Горюче-смазочные материалы (дизельное топливо, бензин, сжатый природный газ, сжиженный нефтяной газ, моторные, трансмиссионные масла, различные смазки, охлаждающие, тормозные и другие жидкости) являются неотъемлемой частью запасов, участвующих в производственном процессе. Затраты на горюче-смазочные материалы являются одной из основных статей затрат при производстве сельскохозяйственной продукции, поэтому очень важно организовать правильный их бухгалтерский учет. В комплексе мер по созданию эффективной системы бухгалтерского учета большое значение имеет формирование полной и достоверной учетной информации о наличии, движении и использовании горюче-смазочных материалов на каждом предприятии, а также четкая организация внутривозвратного контроля за их сохранностью. Данные бухгалтерского учета должны содержать информацию для изыскания резервов снижения себестоимости сельскохозяйственной продукции в части рационального использования материалов, снижения норм их расхода, обеспечения надлежащего хранения и сохранности. Остановимся подробнее на учете топлива, поскольку в структуре перечисленных выше горюче-смазочных материалов оно занимает приоритетное место и ряд нормативных актов не в полной мере конкретизирует многие положения по его учету в современных условиях. Целью исследования является внесение конкретных предложений по совершенствованию организации учета топлива в современных условиях хозяйствования.

Информационный материал для написания статьи получен на основе изучения научных публикаций и других официальных периодических изданий аналитического характера [1–6].

Основная часть

В Республике Беларусь проводится работа по поэтапному переходу на применение Международных стандартов финансовой отчетности (МСФО) при организации бухгалтерского и налогового учета, что влечет изменения в действующее законодательство. Принят документ, определяющий основные концептуальные подходы к учету запасов, – Национальный стандарт бухгалтерского учета и отчетности «Запасы» № 64 от 28.12.2022 года [2].

В Национальном стандарте № 64 дано определение запасов, в котором нет стоимостных критериев, в связи с чем привязка идет к сроку получения экономических выгод от использования актива: не более 12 месяцев или в течение обычного операционного цикла, превышающего этот срок. Если организация планирует ориентироваться на операционный цикл при признании запасов, то его период нужно указать в учетной политике.

Национальный стандарт № 64 не содержит многих положений по учету запасов, которые были ранее предусмотрены в Инструкции по бухгалтерскому учету запасов, утвержденной постановлением Министерства финансов Республики Беларусь от 12.11.2010 года № 133 (действие прекращено ввиду принятия Нацстандарта № 64). В силу этого организации получают больше полномочий и самостоятельности в определении особенностей учета запасов, связанных со спецификой их деятельности, но закрепленные в учетной политике методы и способы не должны противоречить действующему законодательству.

Национальный стандарт № 64 не содержит отдельных подходов для бухгалтерского учета топлива. С 01.01.2023 года отменена обязанность ежемесячного снятия остатков топлива в баках транспортных средств, машин и механизмов, нет указаний на первичный учетный документ, по которому следует списывать топливо.

Отметим, что если в отношении конкретных хозяйственных операций, отдельных составляющих активов, обязательств, собственного капитала, доходов, расходов организации в законодательстве не установлен порядок их отражения в бухгалтерском учете и отчетности, то такой порядок организация разрабатывает самостоятельно с применением профессионального суждения исходя из требований, установленных законодательством [3]. Таким образом, подходы, ранее изложенные в Инструкции № 133, организация может применять и далее, оговорив их в учетной политике. При этом следует принимать во внимание нормы действующего законодательства.

На наш взгляд, в учетной политике в обязательном порядке следует уточнить:

- порядок открытия субсчетов второго порядка для учета движения топлива. Для обобщения информации о наличии и движении топлива предназначен счет 10 «Материалы» субсчет 3 «Топливо» [6]. Организации, имеющие свои нефтесклады, пункты заправки могут к счету 10 открывать субсчета второго порядка: 10-3-1 «Топливо на складах», 10-3-2 «Топливо в баках транспортных средств»;

- периодичность замеров остатка топлива в баках транспортных средств, машин и механизмов: ежемесячно на конец отчетного месяца; ежеквартально на конец каждого квартала; замер проводить с иной периодичностью. Чтобы не нарушать Закон «О бухгалтерском учете и отчетности» [3] и Инструкцию по инвентаризации активов и обязательств [5], считаем целесообразным указать срок проведения инвентаризации топлива в графике проведения инвентаризаций, который прилагается к учетной политике;

- применяемый способ замера остатка топлива в баках транспортных средств, машин и механизмов: с помощью метроштоков; при заполнении бака до полного объема; путем слива топлива; другим способом. Следует отметить, что как показывает практика, не всегда можно предусмотреть один способ, так как в разных машинах разные бензобаки. В этой связи, на наш взгляд, целесообразно способы замера остатка топлива в баках прописать по видам транспортных средств, машин и механизмов;

- порядок формирования первоначальной стоимости приобретенного топлива при поступлении (условная; фактическая себестоимость);

- способ оценки при списании (выбытии) топлива (по стоимости каждой единицы; по средней стоимости; по стоимости первых по времени поступления топлива (способ ФИФО); в условной оценке с учетом отклонений);

- первичный учетный документ на списание топлива, форму которого организация может разрабатывать самостоятельно и закрепить в своей учетной политике. Это может быть как общий акт на списание материалов, так и отдельный акт на списание топлива. Причем, составляться он может с разной периодичностью: за день, за неделю, за декаду, за месяц. Документ должен содержать все реквизиты первичного учетного документа, указанные в ст.10 Закона «О бухгалтерском учете и отчетности» [3]. Форма предлагаемого нами документа на списание топлива представлена ниже;

- порядок округления фактического расхода топлива (до десятых долей литра; до сотых долей литра; до иной величины);

- порядок определения и учета температуры окружающего воздуха (во время выпуска механического транспортного средства на линию или на начало выполнения работы; путем проведения двух замеров в течение дня и применения средней величины температуры окружающего воздуха; иной способ).

«Утверждаю»
Директор ОАО «Восток»
Иванов В. В.
«1» ноября 2023г.

А К Т
на списание топлива

Комиссия в составе: председатель – главный инженер Романов А.А., члены комиссии: инженер-механик Соколов И.П., инженер по эксплуатации МТП Лазарев С.А., бухгалтер Никонович А.П.

составила настоящий акт о том, что с 1.10.2023г. по 31.10.2023 г. при эксплуатации трактора МТЗ-82, гос. номер 0676 ТК-6, израсходовано следующее количество ГСМ, подлежащее списанию.

Наименование ГСМ	Пробег, км	Расход фактически, л	Расход по норме, л	Экономия, перерасход, л	Сумма, руб.
Дизельное топливо	1514	929	931	2	2136,70
Масло	–	–	–	–	–
Тормозная жидкость	–	–	–	–	–

Направление расхода: списание на нужды организации.

Приложение: путевые листы 001150-001178

Председатель:	гл. инженер	<u>Романов</u>	<u>Романов А. А.</u>
Члены комиссии:	инженер-механик	<u>Соколов</u>	<u>Соколов И. П.</u>
инженер по ЭМПП		<u>Лазарев</u>	<u>Лазарев С. А.</u>
	бухгалтер	<u>Никонович</u>	<u>Никонович А. П.</u>

Водитель: Петров Петров И.Л.

Согласно ст.171 Налогового кодекса Республики Беларусь [1], топливо относится к нормируемым затратам. При налогообложении прибыли в состав нормируемых затрат включаются затраты на оплату стоимости топлива для механических транспортных средств, судов, машин, механизмов и оборудования, израсходованного в пределах норм, установленных руководителем организации самостоятельно либо на основании результатов испытаний, проведенных аккредитованной испытательной лабораторией (центром).

Следует обратить внимание, что Национальный стандарт № 64 не вводит **ограничения по установлению норм расхода топлива**. Согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь «О порядке установления норм расхода топлива» от 10.08.2020 г. № 470 [4] нормы расхода топлива устанавливаются руководителями организаций самостоятельно либо на основании результатов испытаний, проведенных аккредитованной испытательной лабораторией. Если нормы устанавливаются самостоятельно, то никаких результатов измерений, их подтверждающих, не нужно.

В настоящее время в целях усиления контроля за использованием топлива организации активно оснащают технику GPS-навигацией и для списания топлива используют, в том числе, и информацию GPS-навигаторов. Отобразить эту информацию организация может в самостоятельно разработанном документе, содержащем необходимые сведения о работе автомобиля. Однако, по нашему мнению, определять пробег автомобилей исключительно на основании данных GPS-навигаторов будет не совсем правильно. Нужно использовать всю имеющуюся информацию, в том числе и показания спидометра автомобилей, что определено рядом нормативных документов, регулирующих транспортную деятельность. Часто чтобы снять все разногласия в отклонениях фактического расхода топлива с установленными нормами, необходимо провести хронометраж выполненных работ. При использовании GPS-навигаторов также не исключается возможность злоупотреблений со стороны работников, ведь некоторые такие устройства монтируются в автомобиль, а некоторые являются съемными.

Заключение

Таким образом, очевидно, что законодательство уходит от излишней детализации, не углубляется в нюансы учета отдельных видов запасов или хозяйственных операций, не дублирует нормы иных нормативно-правовых актов. При этом организации получают больше самостоятельности в определении особенностей учета запасов, как инструменту получения своевременной и реальной информа-

ции для принятия соответствующих управленческих решений в целях обеспечения бесперебойной и эффективной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Налоговый кодекс Республики Беларусь (Особенная часть) [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 29 декабря 2009 г., № 71-З: в ред. Закона Респ. Беларусь от 27.12.2023 г., № 327-З // Бизнес-инфо :аналит. правовая система / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2024.

2. Национальный стандарт бухгалтерского учета и отчетности «Запасы»[Электронный ресурс] : постановление М-ва финансов Респ. Беларусь, 28.12.2022 г., № 64 // Бизнес-инфо: аналит. правовая система / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2024.

3. О бухгалтерском учете и отчетности [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 12 июля 2013 г., № 57-З: в ред. Закона Респ. Беларусь от 11.10.2022 г. № 210-З // Бизнес-инфо: аналит. правовая система / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2024.

4. О порядке установления норм расхода топлива [Электронный ресурс]: постановление Совета М-в Респ. Беларусь, 10.08.2020 г., № 470 // Бизнес-инфо: аналит. правовая система / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2024.

5. Об установлении Инструкции по инвентаризации активов и обязательств [Электронный ресурс]: постановление М-ва финансов Респ. Беларусь, 30.11.2007 г., № 180: в ред. постановления М-ва финансов Респ. Беларусь от 22.04.2010 г. № 50 // Бизнес-инфо : аналит. правовая система / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2024.

6. Об установлении типового плана счетов бухгалтерского учета, утверждении инструкции о порядке применения типового плана счетов бухгалтерского учета и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства финансов Республики Беларусь и их отдельных структурных элементов [Электронный ресурс]: постановление М-ва финансов Респ. Беларусь, 29.06.2011г., № 50: в ред. постановления М-ва финансов Респ. Беларусь от 13.12.2019 г. №74 // Бизнес-инфо: аналит. правовая система / ООО «Профессиональные правовые системы». – Минск, 2024.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ РЕЗЕРВОВ СКВОЗНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

П. В. РАСТОРГУЕВ, И. Г. ПОЧТОВАЯ

РНУП «Институт системных исследований в АПК
НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220108

(Поступила в редакцию 15.04.2024)

Определены условия организационно-экономической среды, обуславливающие актуальность и резервы сквозного управления качеством агропродовольственной продукции, которое является важным направлением обеспечения устойчивого производства продукции, отвечающей заданным требованиям, посредством формирования системы регулирования с учетом взаимосвязи всех уровней управления и субъектов хозяйствования продовольственной цепи и комплексности используемых инструментов. Обоснованы преимущества сквозного подхода к управлению качеством продукции (решение проблем на основе принципа взаимообусловленности результатов и эффективности деятельности бизнес-операторов; формирование системы прослеживаемости в контексте оценки эффективности конкретного инструментария; создание эффективных коммуникативных каналов на протяжении жизненного цикла продукции и др.), общецелевые приоритеты и принципы формирования такой системы управления качеством. Конкретизированы предметные области анализа инструментария (правовое обеспечение, нормативное обеспечение, контроль, мониторинг и др.) в контексте выявления резервов сквозного управления качеством продукции АПК. Дифференцированы по двум блокам (организационно-методологическое обеспечение и формирование организационно-экономической среды) систематизированы резервы сквозного подхода к управлению качеством агропродовольственной продукции. Практическая реализация результатов исследования направлена на развитие методологии управления качеством продукции АПК, что повысит эффективность производственно-сбытовой деятельности субъектов хозяйствования и органов государственного управления посредством оптимизации использования ресурсного потенциала и совершенствования инструментария в рамках создания действенной системы управления качеством в отрасли.

Ключевые слова: качество и безопасность, сельскохозяйственная и пищевая продукция, управление качеством агропродовольственной продукции, сквозное управление.

The conditions of the organizational and economic environment are determined that determine the relevance and reserves of end-to-end quality management of agri-food products, which is an important direction for ensuring sustainable production of products that meet specified requirements, through the formation of a regulatory system, taking into account the relationship of all levels of management and business entities of the food chain and the complexity of the tools used. The advantages of an end-to-end approach to product quality management are substantiated (solving problems based on the principle of interdependence of results and the efficiency of business operators; creating a traceability system in the context of assessing the effectiveness of specific tools; creating effective communication channels throughout the product life cycle, etc.), general-purpose priorities and principles for the formation of such a quality management system. The subject areas of analysis of tools (legal support, regulatory support, control, monitoring, etc.) are specified in the context of identifying reserves for end-to-end quality management of agricultural products. The reserves of an end-to-end approach to managing the quality of agri-food products are systematized, differentiated into two blocks (organizational and methodological support and the formation of an organizational and economic environment). The practical implementation of the research results is aimed at developing a methodology for managing the quality of agricultural products, which will increase the efficiency of production and marketing activities of business entities and government bodies by optimizing the use of resource potential and improving tools within the framework of creating an effective quality management system in the branch.

Key words: quality and safety, agricultural and food products, management of quality of agri-food products, end-to-end management.

Введение

Проблема управления качеством агропродовольственной продукции характеризуется, с одной стороны, многоуровневостью с точки зрения как субъектов хозяйствования, так и органов управления, с другой – комплексностью отличающегося по характеру влияния инструментария. В связи этим возникает объективная необходимость разработки методологии регулирования качества, предусматривающей максимально полное использование потенциала отечественных предприятий АПК для обеспечения устойчивого производства продукции, отвечающей установленным требованиям на всех этапах продовольственной цепи.

Одним из составляющих элементов решения поставленной проблемы является выявление методов реализации сквозного управления качеством агропродовольственной продукции с целью конкретизации практических направлений их использования, определения механизмов активизации и развития соответствующего организационно-экономического инструментария. Целью исследования является разработка концептуальных подходов к определению и оценке резервов сквозного управления качеством продукции в агропродовольственной цепи.

Материалами исследования являлись нормативные правовые акты, информационные ресурсы субъектов хозяйствования, информация государственных органов управления, ресурсы информационной сети Интернет. В процессе исследований применялись методы: монографический, экспертных оценок, сравнительного анализа, абстрактно-логический, эмпирического анализа и другие.

Основная часть

К современным условиям организационно-экономической среды, предопределяющим актуальность и резервы сквозного управления качеством агропродовольственной продукции, следует отнести:

- отсутствие методологии сквозного управления качеством продукции в отрасли;
- разрозненность субъектов хозяйствования различных уровней в части отсутствия согласованных экономических целей;
- использование преимущественно экономических методов стимулирования качества посредством закупочных цен в ущерб организационным;
- пассивность субъектов хозяйствования к применению инноваций в области управления качеством продукции;
- ведомственная подчиненность и доминирующая роль государственного регулирования в обозначенной области, которые во многом предопределяют пассивность многих сельскохозяйственных организаций в части самостоятельного поиска решения проблем;
- недостаточный уровень информационно-коммуникационных технологий в области обеспечения качества продукции АПК;
- недостаточный уровень интеграции субъектов хозяйствования в рамках агропродовольственной цепи в области решения проблем качества производимой ими продукции;
- дистанцирование предприятий розничной и оптовой торговли от формирования системы управления качеством пищевой продукции как в их сетях, так и в республике;
- отсутствие формализованной отраслевой стратегии обеспечения качества и безопасности агропродовольственной продукции.

Так, например, в числе доминирующих инструментов системы управления качеством сельскохозяйственной продукции в стране являются контроль произведенной продукции и ее оплата с учетом уровня качества. В то же время контроль только на конечных этапах производства сельскохозяйственной продукции, в отличие от эффективно организованного текущего, не обеспечивает производства продукции заданного качества, что в свою очередь приводит к экономическим потерям как сельскохозяйственных, так и перерабатывающих предприятий, равно как и АПК в целом. Кроме того, при такой системе контроля отсутствует возможность улучшения качества продукции или его доведения до требуемого уровня после ее производства (за исключением отдельных показателей, таких как, например, влажность зерновых культур).

В свою очередь, отсутствие действенного механизма штрафных санкций, прежде всего в рамках договорных отношений предприятий сырьевых зон, приводит к низкому уровню ответственности сельскохозяйственных организаций при поставках несоответствующего установленным требованиям сырья, и недопоставкам в целом, следовательно, к экономическим потерям на всех уровнях хозяйственной деятельности.

Не получила распространения практика применения таких организационных способов управления качеством продукции, как: система договорных отношений, направленная на производство продукции по конкретной технологии; разработка и реализация корпоративной политики качества; внедрение корпоративных систем менеджмента качества; развитие механизмов влияния потребителей на процесс управления качеством и т.д. [1, 2].

В свою очередь исследованиями установлено, что преимуществами сквозного подхода к управлению качеством продукции АПК являются:

- разработка эффективной отраслевой политики и стратегии в области управления качеством продукции в контексте взаимосвязи с целями и задачами различных государственных программ;
- формирование взаимовыгодных торгово-экономических отношений с учетом и на основе баланса интересов субъектов хозяйствования;
- решение проблем на основе принципа взаимообусловленности результатов и эффективности деятельности бизнес-операторов;
- формирование системы прослеживаемости в контексте оценки эффективности конкретного инструментария;
- разработка системы управления качеством по принципу «сверху-вниз», т.е. от потребителей и его требований – до сельскохозяйственных производителей;
- создание эффективных коммуникативных каналов на протяжении жизненного цикла продукции;
- формирование эффективной системы взаимодействия субъектов хозяйствования для решения конкретных задач;
- оптимизация использования ресурсного потенциала;
- исключение дублирования ряда функций обеспечения качества и т.д.

При этом в основу реализации сквозного подхода должны быть положены такие принципы, как:

прозрачность процессов; взаимодействие субъектов; непрерывность процесса управления; социальная направленность с учетом специфики продукции отрасли.

Общечеловеческими приоритетами при формировании системы сквозного управления качеством продукции должны быть: формирование организационно-экономической среды производства продукции на принципах и с учетом взаимообусловленного функционирования субъектов отрасли; обеспечение транспарентности не только продукции, но и результатов хозяйственной деятельности; внедрение передовых способов организации производства и методов управления; повышение роли потребителей в вопросах качества продукции.

Следует отметить, что многокомпонентность и разнонаправленность мер и механизмов отдельных элементов управления качеством (например, контроль, это наличие планов контроля, их соблюдение, рациональность порядка проведения, материально-техническое и метрологическое обеспечение – с одной стороны, с другой – соблюдение предусмотренных требований субъектами хозяйствования, с третьей – взаимосвязь с правовым обеспечением, участием государства в регулировании, системой нормативного обеспечения и учета и т.д.) обуславливают определенную сложность их однополярной оценки.

В целом методика оценки резервов сквозного управления качеством продукции включает такие этапы, как обоснование приоритетного инструментария сквозного управления качеством; конкретизация цели и задач каждого инструмента в рамках сквозного управления качеством; определение предметных областей выявления резервов элементов управления качеством; анализ инструментария на предмет решения обозначенных задач на каждом уровне управления и др. (рис. 1).

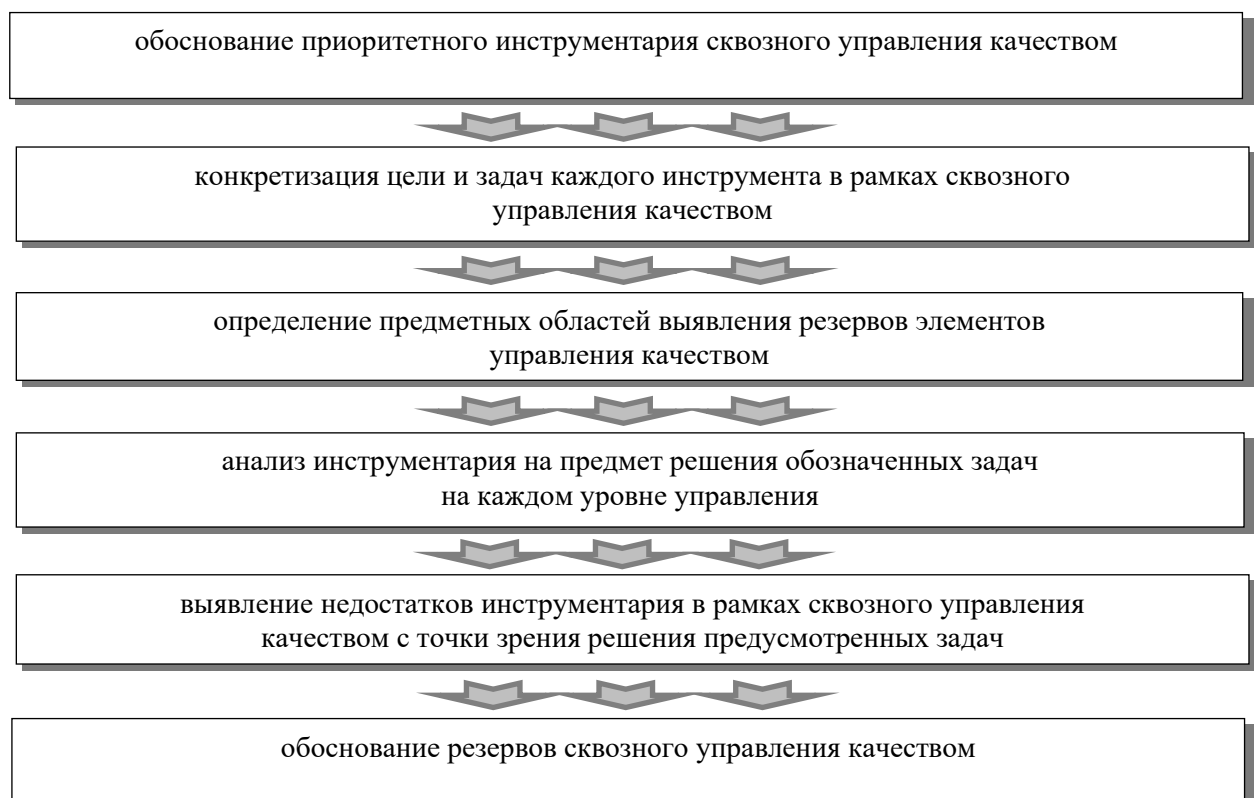


Рис. 1. Этапы методики оценки резервов сквозного управления качеством агропродовольственной продукции

В свою очередь обобщенные критерии оценки сквозного управления качеством продукции в разрезе элементов представлены на рис. 2.

При оценке соответствия элементов системы управления качеством принципам реализации сквозного подхода следует учитывать: наличие и совершенство соответствующей методологии решения вопроса с учетом таких критериев, как полнота, актуальность и доступность; степень реализации субъектами предусмотренных мер управления.

На основе проведенных исследований [1–7] установлено, что резервы реализации сквозного подхода к управлению качеством агропродовольственной продукции обусловлены недостатками (несовершенством) как используемого инструментария, так и методологии в данной области, что позволяет их классифицировать на два блока: организационно-методологическое обеспечение развития и реализации сквозного подхода; формирование организационно-экономической среды (конкретные меры по развитию инструментария) реализации сквозного управления качеством продукции.

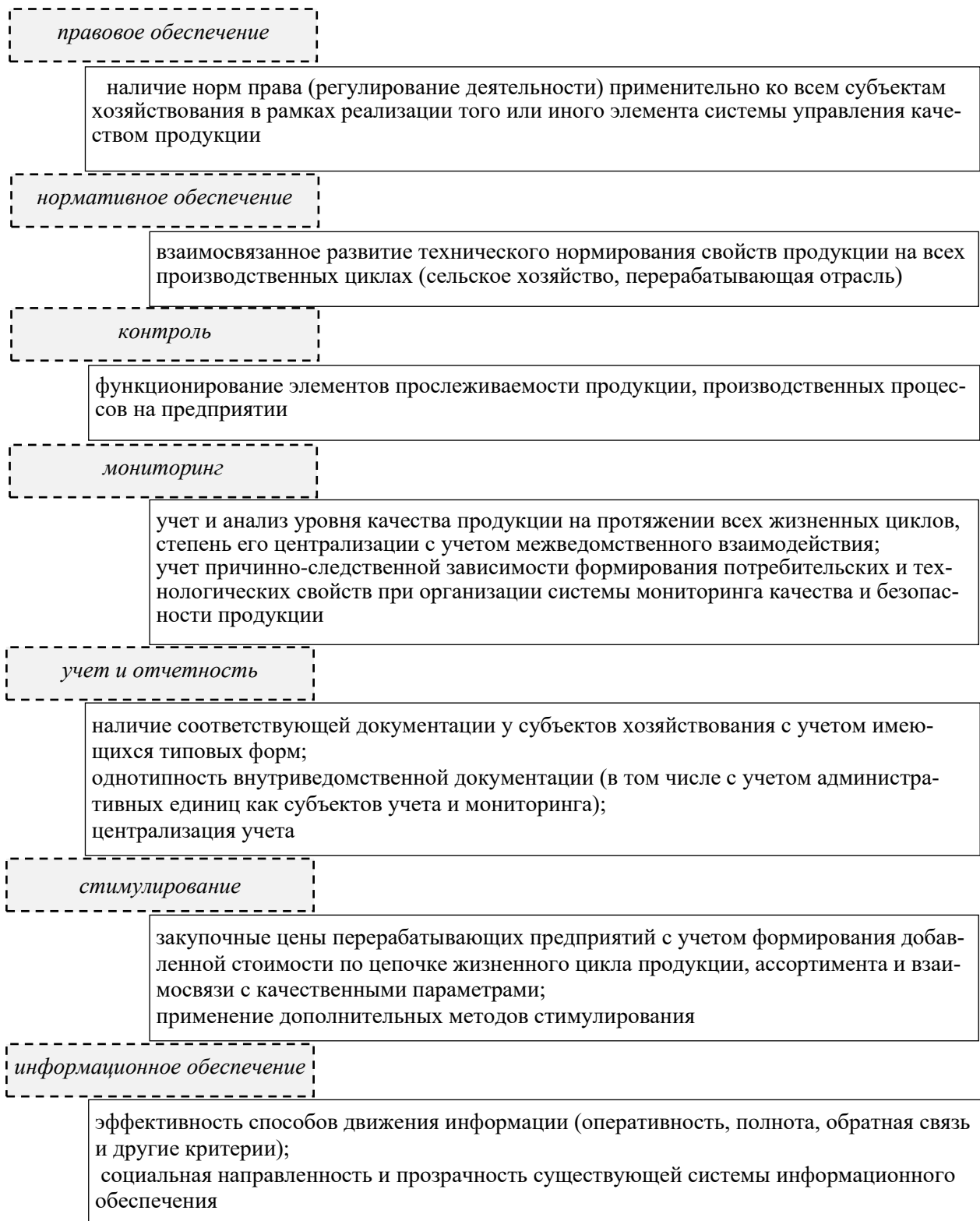


Рис. 2. Обобщенные критерии оценки сквозного управления качеством агропродовольственной продукции

К первому блоку относятся следующие резервы: разработка рекомендаций по применению современных методов менеджмента качества на предприятиях отрасли (как показал анализ, зачастую под ними понимаются такие инструменты, как ABC-анализ, XYZ-анализ); совершенствование методологии структурирования информации, оптимизация на принципах упорядочения, формирование централизованных информационных ресурсов; развитие методического обеспечения внедрения и функционирования СМК на предприятиях отрасли как взаимосвязанных этапов агропродовольственной цепи; развитие методического обеспечения мониторинга и оценки эффективности процесса системного управления качеством продукции на макроуровне; формирование методического обеспечения поуровневого мониторинга и оценки эффективности как отдельных мер, так и в целом управления качеством продукции.

Ко второму блоку относятся направления и меры в части реализации потенциала элементов (инструментария) – поэлементные резервы (контроль, нормирование, мониторинг и т.д.): формирование правового обеспечения вопросов мониторинга качества и безопасности сельскохозяйственной продукции; формирование правового обеспечения вопросов нормативного регулирования технологии производства сельскохозяйственной продукции; развитие практики совершенствования существующего инструментария на основе причинно-следственной связи и риск-ориентированного подхода; оптимизация системы учета и отчетности в области качества и безопасности продовольственного сырья и готовой продукции на принципах межведомственного взаимодействия и причинно-следственной связи; развитие практики оценки эффективности мер и мероприятий в области управления качеством продукции субъектами хозяйствования и органами управления и др. (рис. 3).

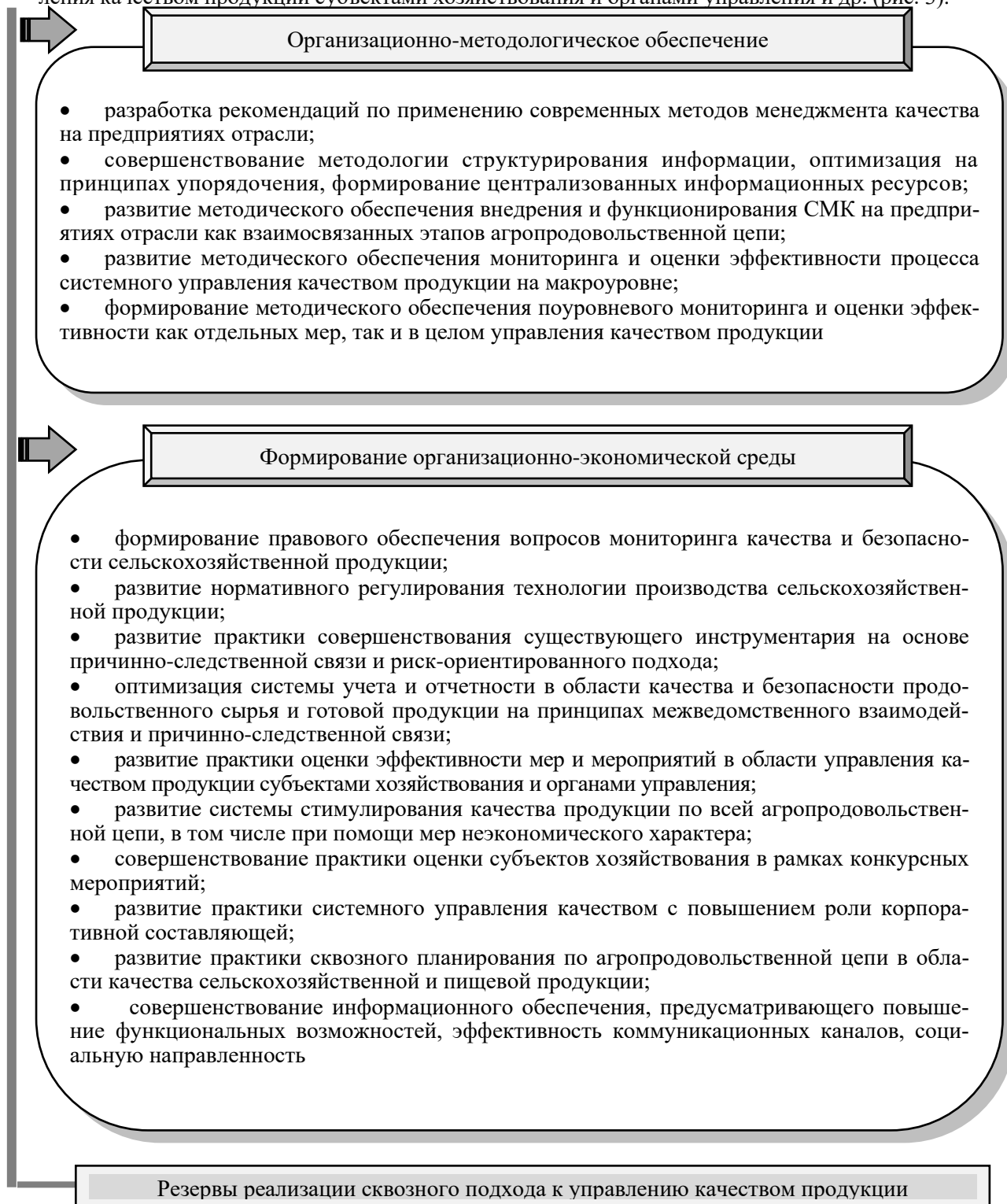


Рис. 3. Резервы сквозного подхода к управлению качеством агропродовольственной продукции

Заключение

Как показали исследования, реализация принципов и методологии сквозного управления качеством агропродовольственной продукции в настоящее время сдерживается комплексом недостатков общепромышленной системы управления в данной области, отдельного ее инструментария, а также рядом объективных причин организационного характера, включающих недостаточный уровень развития кооперативно-интеграционных связей сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, торговых организаций.

В процессе исследований определены ключевые этапы оценки резервов сквозного управления качеством продукции. С целью формирования достоверных выводов о степени внедрения принципов и методологии сквозного управления качеством разработан критериальный подход соответствующей оценки в рамках основных элементов управления качеством агропродовольственной продукции (правовое и нормативное обеспечение, контроль, мониторинг, учет и отчетность, стимулирование, информационное обеспечение). Обоснованы и систематизированы резервы сквозного подхода, структурированные по двум блокам в зависимости от характера направлений и мер: организационно-методологическое обеспечение и формирование организационно-экономической среды.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках ГНТП «Инновационные агропромышленные и продовольственные технологии», 2021–2025 годы, подпрограмма «Агропромкомплекс – инновационное развитие», задание 1.13 «Разработать комплекс научно-практических рекомендаций по эффективному обеспечению продовольственной безопасности и конкурентоспособности продукции АПК на основе инструментов отраслевого и бизнес планирования, управления качеством, оптимизации внешнеторговых отношений» (№ ГР 20213501).

ЛИТЕРАТУРА

1. Расторгуев П. В., Почтовая И. Г. Анализ функционирования инструментов сквозного управления качеством агропродовольственной продукции в Республике Беларусь // Научные принципы регулирования развития АПК: предложения и механизмы реализации 2023 / редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2023. – С. 25–31.
2. Расторгуев П. В. Почтовая И. Г., Расторгуева Е. А. Развитие системы управления качеством сельскохозяйственной продукции // Национальная агропродовольственная система Республики Беларусь: методология и практика конкурентоспособного развития / редкол.: В. Г. Гусаков [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова. – Минск: Ин-т системн. исследований в АПК НАН Беларуси, 2021. – С. 91–109.
3. Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosstandart.gov.by>. – Дата доступа: 07.03.2024.
4. Департамент ветеринарного и продовольственного надзора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dvnp.gov.by/o-departamente>. – Дата доступа: 01.03.2024.
5. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mshp.minsk.by>. – Дата доступа: 22.02.2024.
6. Расторгуев П. В., Почтовая И. Г. Методологические аспекты сквозного управления качеством агропродовольственной продукции // Научные принципы регулирования развития АПК: предложения и механизмы реализации 2022 / редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2021. – С. 30–37.
7. Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rchepf.by>. – Дата доступа: 22.02.2024.

МЕХАНИЗМ ОПТИМИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО РАССЕЛЕНИЯ КАК СОЦИАЛЬНАЯ ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ

Ал. В. КОЛМЫКОВ

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

(Поступила в редакцию 29.05.2024)

В статье рассматривается механизм оптимизации сельского расселения административных районов Беларуси. Представлен анализ проблемы устойчивого социального развития административных районов как кластерных организаций. Приведено новое понятие сельского расселения административного района. Разработаны теоретические основы, концептуальные положения и механизм оптимизации сельского расселения, включающий совокупность факторов, влияющих на размеры населенных пунктов. При этом оптимизация сельского расселения имеет решающее значение в улучшении доступности социальных услуг, повышении уровня жизни и обеспечении общественной безопасности. Также это обеспечит повышение привлекательности сельской местности для проживания и привлечения квалифицированных кадров. Повысит эффективность обслуживания сельского населения учреждениями и организациями. Создаст условия для экономического роста и развития сельскохозяйственного производства. Улучшит демографическую ситуацию и будет сдерживать отток населения из села. Предложены концептуальные модели рационального размещения сельских населенных пунктов административного района с различным количеством сельскохозяйственных организаций и определены коэффициенты, учитывающие конфигурацию землепользования района и размещения на нем райцентра, агрогородков, хозяйственных центров. Разработана новая типизация сельских населенных пунктов с параметрами оптимального количества населения и состава комплекса стандартного обслуживания. Представлена модель механизма оптимизации сельского расселения административного района с критерием оптимальности на максимум плотности сельского населения. Приведен поэтапный алгоритм функционирования механизма оптимизации сельского расселения административных районов Беларуси. Практическое применение механизма предполагает деление административного района на зоны социального обслуживания, определение населенных пунктов-центров и определение их транспортной доступности из других населенных пунктов. Успешная реализация программы модернизации инфраструктуры сельских населенных пунктов и оптимизации сельского расселения в Беларуси позволит создать комфортные условия для жизни и деятельности сельских жителей, повысить уровень экономического развития сельских территорий и укрепить национальную безопасность.

Ключевые слова: механизм, оптимизация, сельское расселение, устойчивое развитие, административный район, кластерная организация, населенный пункт, агрогородок, хозяйственный центр, сельскохозяйственная организация.

The article examines the mechanism for optimizing rural settlement in administrative regions of Belarus. An analysis of the problem of sustainable social development of administrative districts as cluster organizations is presented. A new concept of rural settlement of an administrative region is given. Theoretical foundations, conceptual provisions and a mechanism for optimizing rural settlement have been developed, including a set of factors influencing the size of settlements. At the same time, optimizing rural settlement is crucial in improving the availability of social services, raising living standards and ensuring public safety. Also, this will increase the attractiveness of rural areas for living and attract qualified personnel. Increase the efficiency of services provided to the rural population by institutions and organizations. Will create conditions for economic growth and development of agricultural production. It will improve the demographic situation and will curb the outflow of population from the village. Conceptual models for the rational placement of rural settlements in an administrative district with different numbers of agricultural organizations have been proposed, and coefficients have been determined that take into account the configuration of the region's land use and the location of the district center, agricultural towns, and economic centers on it. A new typification of rural settlements has been developed with the parameters of the optimal population size and the composition of the standard service complex. A model of a mechanism for optimizing rural settlement of an administrative district with an optimality criterion for maximum rural population density is presented. A step-by-step algorithm for the functioning of the mechanism for optimizing rural settlement in the administrative regions of Belarus is presented. The practical application of the mechanism involves dividing the administrative district into social service zones, identifying settlement centers and determining their transport accessibility from other settlements. The successful implementation of a program to modernize the infrastructure of rural settlements and optimize rural settlement in Belarus will create comfortable conditions for the life and activities of rural residents, increase the level of economic development of rural areas and strengthen national security.

Key words: mechanism, optimization, rural settlement, sustainable development, administrative region, cluster organization, settlement, agro-town, economic center, agricultural organization.

Введение

В современных условиях устойчивого развития белорусской экономики особое значение приобретает обеспечение благополучия и высокого качества жизни сельских жителей. Оптимизация сельского расселения в административных районах становится ключевым фактором для достижения этих целей. Поэтому для эффективного развития сельских территорий требуется разработать всеобъемлющий механизм оптимизации сельского расселения. Этот механизм должен включать методику рационального размещения и модели обоснования оптимальных размеров агрогородков, центральных усадеб сельскохозяйственных организаций и хозяйственных центров подразделений. При разработке механизма оптимизации необходимо учитывать демографическую структура населения, возрастной

состав, соотношение трудоспособного и нетрудоспособного населения, наличие, уровень и квалификацию работников [1]. Планировать потребность в квалифицированных кадрах для обеспечения эффективного функционирования сельскохозяйственной отрасли. Определить нормы культурно-бытового обслуживания, включая установленные стандарты обеспечения населения доступом к медицинским, образовательным, культурным и другим социальным услугам [2]. Дополнительно к перечисленным факторам при оптимизации сельского расселения следует учитывать исторически сложившуюся структуру расселения, существующее расположение населенных пунктов, транспортных артерий и объектов инфраструктуры. Установить перспективный потенциал развития сельских территорий с учетом оценки перспектив изменения численности населения, развития сельскохозяйственного производства, промышленности и туризма. При этом важно соблюдать экологические условия, их воздействие на окружающую среду и влияние на здоровье населения при размещении объектов сельскохозяйственного назначения [3]. Системный учет всех этих факторов позволит разработать оптимальный механизм оптимизации сельского расселения в белорусских административных районах. Это в свою очередь будет способствовать созданию благоприятных условий для проживания и работы сельских жителей, повышению их уровня жизни и устойчивому развитию сельских территорий [4].

Важно отметить, что исследованием оптимизации сельского расселения в разное время занимались А. Н. Кондухов, А. Б. Михайлов, В. А. Кирсанов, Г. Н. Прозоровский, В. С. Рязанов, В. Ф. Тарасевич, В. В. Лешкевич, М. С. Осмоловский, А. В. Чайанов и др. Вместе с тем, несмотря на имеющийся научный задел и накопленный опыт, проблема оптимизации сельского расселения как социальной основы агропроизводственного кластера административных районов Беларуси комплексно и системно практически не исследовалась.

Исходя из этого, возникает необходимость комплексной разработки механизма оптимизации сельского расселения административного района, включающего соответствующие методики и модели установления оптимальных размеров сельских населенных пунктов.

Основная часть

Выполненные нами исследования показывают, что сельское расселение административного района является процессом территориального распределения людей на определенном пространстве, их локализации в населенных пунктах. Оно выступает одним из ключевых индикаторов размещения производительных сил и во многом предопределяет использование земель, организацию и планирование территории. При этом сельское расселение включает [5]:

1. Размещение населения, то есть, каким образом население распределено по территории, его пространственная структура и плотность.
2. Численность населения: общее количество людей, проживающих на данной территории.
3. Типы населенных пунктов: классификация их по численности, структуре и функции (города, поселки, села, деревни).
4. Размер населенных пунктов: население, проживающее в конкретном населенном пункте, и его географические размеры.
5. Планировка и благоустройство: организация пространства в населенных пунктах, наличие инфраструктуры и удобств для проживания.
6. Экономико-географическое положение: расположение населенных пунктов относительно друг друга, транспортных путей и центров экономической активности.
7. Топографические условия: физические характеристики рельефа, климата и природных ресурсов, влияющие на расселение.

Исследования показывают, что современный населенный пункт – это место постоянного или долгосрочного проживания людей, где созданы условия для удовлетворения их основных потребностей: жилья, работы, образования, здравоохранения и социальных услуг. Расположение, размер и тип населенного пункта влияют на образ жизни его жителей, доступность ресурсов и экономические возможности [6].

В свою очередь расселение обуславливается множеством факторов [7], таких как:

- экономические условия: наличие рабочих мест, уровень жизни и транспортная доступность влияют на привлекательность территории для проживания;
- природные условия: топография, климат и природные ресурсы могут ограничивать или способствовать заселению;
- традиционно-культурные условия: исторические события, такие как войны, миграции и экономические кризисы, могут повлиять на модели расселения;

– государственная политика: планирование землепользования, градостроительство и региональное развитие могут направлять и регулировать расселение, последствия неравномерного расселения;

Исследования показывают, что неравномерное распределение населения по территории может привести к различным проблемам [8]:

– перенаселенность: высокая плотность населения в одних районах может привести к необеспеченности жильем, инфраструктурой и нарушению окружающей среды;

– отток населения: когда люди покидают сельские и небольшие городские районы, это может привести к экономическому спаду и социальным проблемам;

– региональные дисбалансы: различия в уровне жизни и возможностях между регионами могут привести к социальному неравенству и миграции.

Поэтому необходимо своевременно оптимизировать расселение, что означает планировать, регулировать и направлять распределение населения по территории для достижения оптимального использования земель и устойчивого развития.

В свою очередь нами установлено, что оптимизация сельского расселения административного района – это процесс рационального размещения населения по территории района и формирования сети сельских населенных пунктов оптимального размера для обеспечения эффективной организации высокорентабельного производства и уровня благоустройства инфраструктуры.

В связи с этим, чтобы обеспечить рациональное размещения сельских населенных пунктов необходимо внедрение крупногрупповой системы расселения, которая объединит сельские поселения в группы, взаимосвязанные как между собой, так и с городскими центрами районов. Крупногрупповая система расселения способствует комплексному развитию сельских территорий [9].

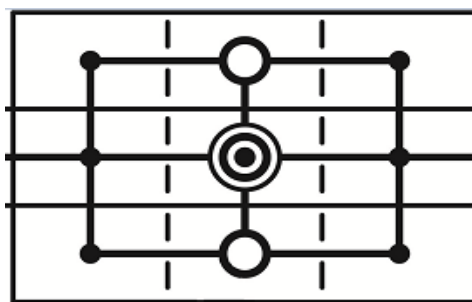
Во-первых, она позволяет концентрировать ресурсы и инвестиции в ключевых населенных пунктах, создавая более благоприятные условия для жизни и работы.

Во-вторых, интеграция с городскими центрами районного значения обеспечивает доступ к более широкому спектру социальных, культурных и экономических благ.

В-третьих, налаживание взаимосвязей между соседними населенными пунктами стимулирует рост локальной экономики и развитие инфраструктуры.

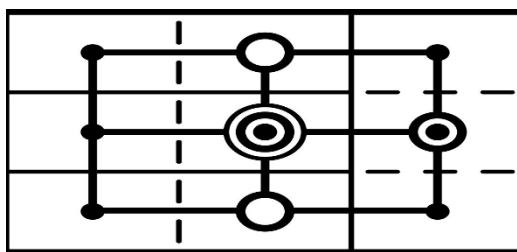
Одним из важнейших элементов крупногрупповой системы расселения является наличие центрального поселения, выполняющего роль опорного населенного пункта. Он обеспечивает административные и социально-культурные функции для прилегающих населенных пунктов. В центральном поселении сосредотачиваются учреждения здравоохранения, образования, культуры, а также административные здания [10]. Такой подход позволяет создать полноценную среду обитания для жителей сельских территорий, снижая отток населения в города. В рамках крупногрупповой системы расселения предусматривается создание перспективных поселений, которые отличаются высоким потенциалом роста. Эти населенные пункты имеют благоприятное географическое положение, развитую инфраструктуру и выгодные экономические условия. Вложение средств в их развитие позволяет создать опорные точки для будущих инвестиций и обеспечения занятости сельского населения [11]. Кроме того, крупногрупповая система расселения предполагает развитие межселенных связей. Это может включать организацию совместного использования инфраструктуры (участковых больниц, средних школ), создание межхозяйственных предприятий и развитие местного самоуправления. Укрепление связей между сельскими поселениями способствует повышению качества жизни и созданию более сплоченных общин [12]. Внедрение крупногрупповой системы расселения требует комплексного подхода, учитывающего особенности конкретных территорий. Необходимо учитывать географические, социально-экономические и исторические факторы, а также пожелания местных жителей. Только путем согласованных усилий всех заинтересованных сторон можно создать жизнеспособную и устойчивую систему сельских населенных пунктов, обеспечивающую достойные условия жизни и полноценное развитие для сельского населения [13].

Рационализировать размещение сельских населенных пунктов предлагаем с использованием разработанных нами концептуальных моделей крупногрупповой системы размещения с различным количеством сельскохозяйственных организаций в административном районе (рис. 1–7).



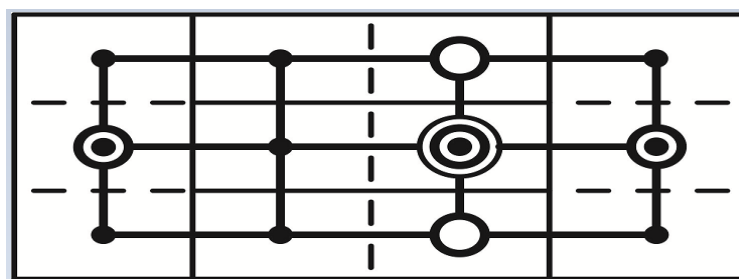
- районный центр;
 - агрогородок с комплексом обслуживания I типа – центральная усадьба крупного и среднего по размеру хозяйства;
 - агрогородок с комплексом обслуживания II типа – центральная усадьба мелкого по размеру хозяйства;
 - хозяйственный центр комплексного производственного подразделения;
 - граница сельскохозяйственной организации;
 - граница производственного подразделения (производственного участка);
- K – коэффициент, учитывающий конфигурацию землепользования района и размещения на нем райцентра, агрогородков, хозцентров.

Рис. 1. Концептуальная модель рационального размещения сельских населенных пунктов административного района с 3 сельскохозяйственными организациями ($K=0,383$)



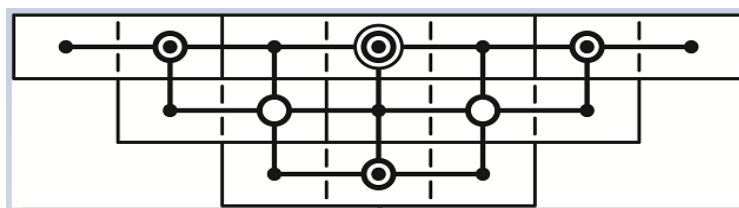
- , , , , , , K – те же обозначения что на рисунке 1.

Рис. 2. Концептуальная модель рационального размещения сельских населенных пунктов административного района с 4 сельскохозяйственными организациями ($K=0,383$)



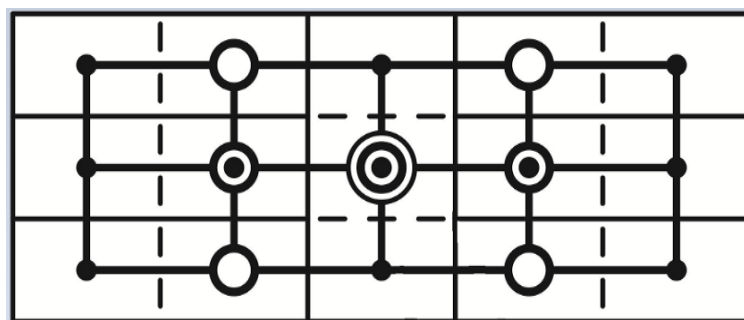
- , , , , , , K – те же обозначения что на рисунке 1.

Рис. 3. Концептуальная модель рационального размещения сельских населенных пунктов административного района с 5 сельскохозяйственными организациями ($K=0,419$)



- , , , , , , K – те же обозначения что на рисунке 1.

Рис. 4. Концептуальная модель рационального размещения сельских населенных пунктов административного района с 6 сельскохозяйственными организациями ($K=0,534$)




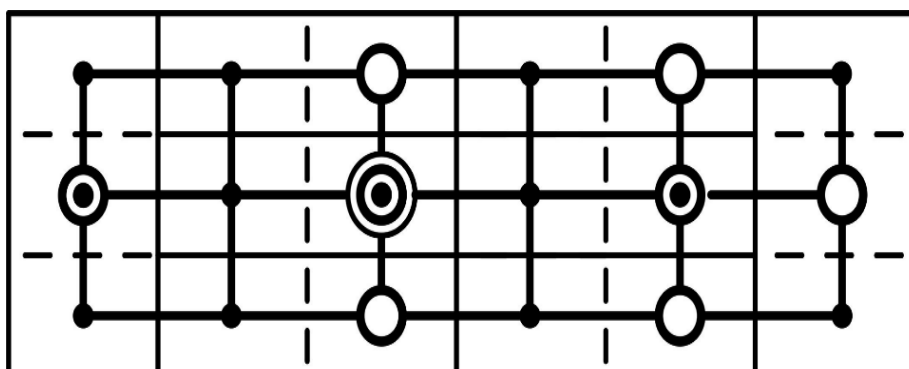

 K – те же обозначения что на рисунке 1.

Рис. 5. Концептуальная модель рационального размещения сельских населенных пунктов административного района с 7 сельскохозяйственными организациями ($K=0,475$)




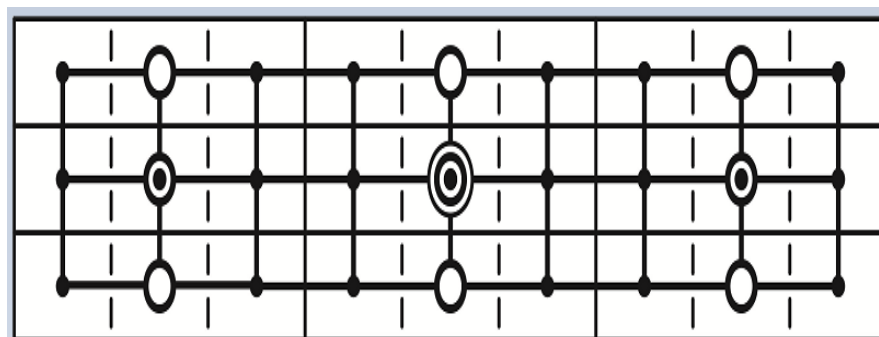

 K – те же обозначения что на рисунке 1.

Рис. 6. Концептуальная модель рационального размещения сельских населенных пунктов административного района с 8 сельскохозяйственными организациями ($K=0,602$)





 K – те же обозначения что на рисунке 1.

Рис. 7. Концептуальная модель рационального размещения сельских населенных пунктов административного района с 9 сельскохозяйственными организациями ($K=0,530$)

Представленные графические модели рационального размещения (1–7) позволяют совершенствовать размещение сельских населенных пунктов в административном районе с учетом кратчайшего среднего расстояния обслуживания сельскохозяйственных земель с райцентра, агрогородков, хозяйственных центров. Это обеспечит хорошую коммуникационную и транспортную связь с минимальными затратами на перевозку жителей, работников, грузов, перегоны сельскохозяйственной техники, сократит непроизводительные потери времени в связи с переездами.

Исследования показывают, что сельское расселение в Республике Беларусь имеет долгую и сложную историю, которая формировалась под влиянием различных природных, экономических и социальных факторов. Оно характеризуется большим разнообразием в размерах, хозяйственном значении, внешнем облике, характере размещения и других особенностях населенных пунктов. Размеры сельских населенных пунктов в Беларуси варьируются от небольших деревень с населением менее

100 человек до крупных агрогородков с численностью жителей более 1000 человек. Густота размещения населенных пунктов также весьма неоднородна: в одних районах они расположены плотно, в других – более разрозненно. В большинстве административных районов Беларуси преобладают мелкие сельские населенные пункты. Планировка, застройка и благоустройство многих сельских населенных пунктов не соответствуют современным требованиям. Зачастую они имеют линейную или беспорядочную структуру, дома построены без учета современных норм комфорта. В результате некоторые села выглядят недостаточно благоустроенными и привлекательными для проживания. При этом мелкопоселковое и хуторское расселение повсеместно вступает в противоречие с развитием агробизнеса, сдерживает интенсификацию сельскохозяйственного производства, улучшение культурно-бытовых условий жизни сельского населения. Поэтому оптимизация сельского расселения является объективной необходимостью.

Вместе с тем переустройство сельских населенных пунктов выдвигает ряд условий экономического, социального и технического характера, которые определяют их назначение и сущность. Все эти условия необходимо учитывать в комплексе при размещении населенных пунктов в административных районах, в особенности санитарно-гигиенические требования, определяющие размещение сельских населенных пунктов в чистой местности с соблюдением установленной удаленности от источников загрязнения природной среды; архитектурно-планировочные требования, обеспечивающие размещение населенных пунктов в наиболее пригодных местах; социальные требования, предопределяющие хорошие условия для труда, жизни, быта и отдыха сельского населения, а также минимальные потери времени для получения культурно-бытовых услуг и связи с объектами производства [14].

Исходя из этого, нами было разработано определение оптимального размера сельского населенного пункта (хозяйственного центра) – такой размер его по количеству населения, который позволяет эффективно организовать высокорентабельное производство и обеспечить высокий уровень благоустройства социальной инфраструктуры в соответствии с социальными стандартами для проживающих в них граждан и обслуживания жителей прилегающих сельских территорий.

В ходе выполненных исследований, нами разработана новая система типизации сельских населенных пунктов с параметрами оптимального количества населения и состава комплекса стандартного обслуживания в зависимости от местных условий (табл. 1).

В ходе исследований установлено, что наиболее благоприятные условия для развития создаются в крупных агрогородках и хозяйственных центрах. Малые населенные пункты и хутора сдерживают устойчивое социально-экономическое развитие административных районов. При этом несмотря на активный процесс реорганизации существующих сельских населенных пунктов административных районов республики, отсутствует расселенческий инструментарий и механизм оптимизации сельского расселения.

В связи с этим нами разработан механизм оптимизации сельского расселения административного района (МОСР), который является системой основополагающих организационных, социальных и экономических концептуальных положений. Эта система включает в себя совокупность взаимосвязанных рычагов и факторов, которые определяют оптимальные размеры сельских населенных пунктов. При этом учитываются различные аспекты, такие как природные особенности, территориальные ограничения, социально-экономические условия и специфика производства. Одним из ключевых аспектов МОСР является не только обеспечение оптимальных размеров населенных пунктов, но, и создание условий для устойчивого развития сельской местности. Это включает в себя развитие инфраструктуры, поддержку социальной сферы, а также стимулирование экономического роста на местном уровне.

Важно отметить, что МОСР также направлен на повышение качества жизни сельского населения и обеспечение доступа к основным услугам, таким как здравоохранение, образование и культура. Этот механизм способствует более эффективному использованию ресурсов и повышению конкурентоспособности сельских территорий. Благодаря МОСР удается создавать благоприятные условия для жизни и труда жителей сельских районов, что способствует устойчивому развитию сельской местности в целом. Концептуальная модель МОСР и алгоритм его функционирования представлены на рис. 8, 9.

Таблица 1. Типизации сельских населенных пунктов с параметрами оптимального количества населения и состава комплекса стандартного обслуживания

№	Наименование	Количество жителей, чел	Радиус зоны обслуживания, км	Характеристика	Комплекс стандартного социального обслуживания
1	Агрогородок с комплексом обслуживания I типа	500–1000 и более	до 15	Является центральной усадьбой крупных и средних по размеру землепользования сельскохозяйственных организаций	Наличие общеобразовательных учреждений; детского дошкольного учреждения, внешкольных учреждений; спортивного комплекса с бассейном; участковой больницы с врачебной амбулаторией и аптеками; отделения соцпомощи на дому, дома культуры с краеведческим музеем и библиотекой, универсама, специализированных магазинов, ресторана, кафе, комбината бытового обслуживания, почтовой связи, мобильной связи, отделения банков с банкоматами; филиала ЖКХ с пожарно-аварийной службой, централизованного водопровода и канализации, газо- и электроснабжения.
2	Агрогородок с комплексом обслуживания II типа	300–500	до 7	Является опорной центральной усадьбой мелких по размеру землепользования сельскохозяйственных организаций, крупных производственных участков сельскохозяйственных организаций	Наличие учебно-педагогического комплекса; спортивного комплекса с сауной; врачебной амбулаторией с ФАП и аптекой, культурного центра с библиотекой, специализированных магазинов, кафе, баров, пункт КБО, отделения почтовой связи и сбербанков с банкоматами, автоматической телефонной станции и мобильной связи; участка ЖКХ, поста пожарно-аварийных служб, централизованного газо- и электроснабжения, водопровода и канализации
3	Хозяйственный центр комплексного производственного подразделения	200–300	до 5	Является опорным производственным центром комплексного внутрихозяйственного подразделения сельскохозяйственных организаций	Наличие детского дошкольного учреждения; спортивного комплекса; ФАП с аптекой; сельского клуба с библиотекой; магазина товаров повседневного спроса, частных организаций торговли, кафе, баров, пункта почтовой связи с банкоматами, телефонной и мобильной связи, поста пожарно-аварийных служб, централизованного газо- и электроснабжения, водопровода
4	Хозяйственный центр отраслевого производственного подразделения	100–200	до 2	Является опорным производственным центром отраслевого внутрихозяйственного подразделения сельскохозяйственных организаций	Наличие спортивной площадки; сельского клуба; магазина товаров повседневного спроса с аптечным киоском, частных организаций торговли, почтовой, телефонной и мобильной связи, поста пожарно-аварийных служб, централизованного электроснабжения, водопровода
5	Деревня	10–100	до 1	Является рядовым малым сельским населенным пунктом	Наличие спортивной площадки; передвижного магазина товаров повседневного спроса с аптечным киоском; почтовой, телефонной и мобильной связи, централизованного электроснабжения
6	Хутор	менее 10	до 0,5	Является обособленной усадьбой крестьянского (фермерского) хозяйства, ЛПХ	Наличие передвижного магазина товаров повседневного спроса с аптечным киоском, почтовой, телефонной и мобильной связи, централизованного электроснабжения

Примечание: составлено автором.



Рис. 8. Модель механизма оптимизации сельского расселения административного района

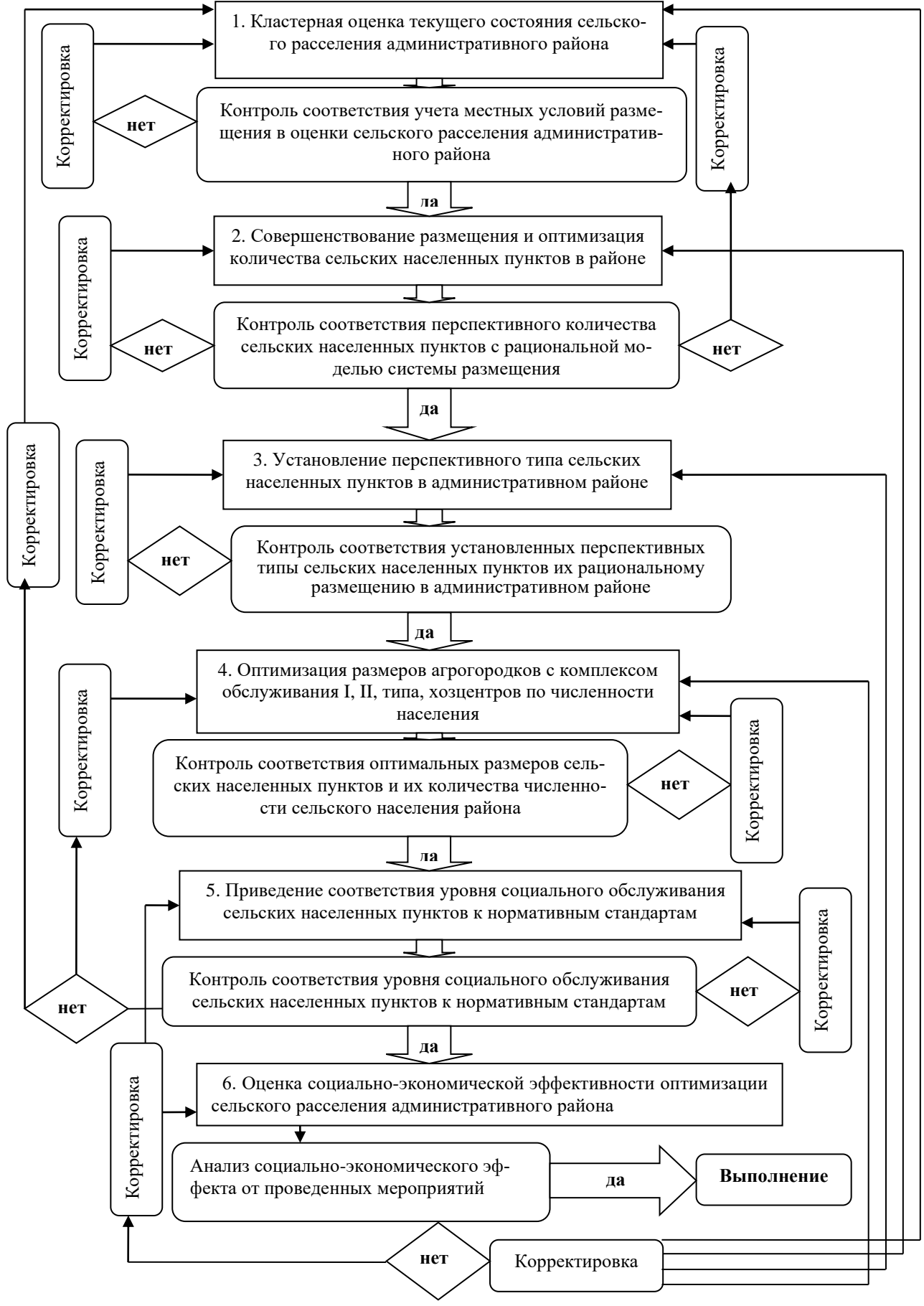


Рис. 9. Алгоритм функционирования механизма оптимизации сельского расселения административного района

Основными элементами механизма оптимизации сельского расселения административного района выступают два основных рычага: рационализация размещения сельских населенных пунктов; оптимизация размеров сельских населенных пунктов и уровня социального обслуживания.

Следует отметить, что для оптимизации размеров сельских населенных пунктов административных районов нами разработаны соответствующие экономико-математические модели: оптимизации размеров агрогородков с комплексом обслуживания I, II, типа, хозяйственных центров [15].

Также составляющими механизма оптимизации сельского расселения административного района является система соответствующих блоков. Так, организационно-хозяйственный блок представлен бизнес-планами развития сельскохозяйственных организаций, перспективной специализацией хозяйств, условиями организации территории, размещения сельскохозяйственных земель и сельских дорог и др.

Экономический блок включает капитальные вложения в строительство, эксплуатационные издержки, метод и формы прогнозирования, планирования, а также кредитную систему, коммерческий расчет и т.п. Строительно-технический блок включает учет источников водоснабжения, прочности грунтов, уровня залегания грунтовых вод, природного почвенного покрова, строительных норм и правил (СНиП). Архитектурно-планировочный блок представлен санитарно-гигиеническими требованиями строительства, социальными и эстетическими условиями учета близлежащих водоохраных зон и лесных массивов. В информационный блок входят данные статистической отчетности о сельских населенных пунктах, хозяйственной деятельности сельскохозяйственных организаций, бизнес-консультирование. Критерием оптимальности модели механизма оптимизации сельского расселения административного района является максимум плотности населения.

Заключение

Обобщая вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Расселение административных районов является процессом территориального распределения населения на определенном пространстве, его локализации в населенных пунктах, обуславливает размещение производительных сил, предопределяет использование земель, планирование и организацию развития территории.

2. Оптимизация сельского расселения административного района заключается в рациональном размещении населения по территории района и формировании сети сельских населенных пунктов оптимального размера для обеспечения эффективной организации высокорентабельного производства и уровня благоустройства инфраструктуры.

3. Механизм оптимизации сельского расселения административного района (МОСР) является системой основополагающих организационных, социальных и экономических концептуальных положений, включающей совокупность взаимосвязанных рычагов и факторов, которая определяет оптимальные размеры сельских населенных пунктов и создает основу для устойчивого развития сельской местности с учетом природных особенностей, территориальных ограничений, социально-экономических условия и специфика производства.

4. Реализация разработанного нами механизма оптимизации сельского расселения административного района позволяет: совершенствовать размещение сельских населенных пунктов, оптимизировать их размеры и уровень социального обслуживания, что обеспечит эффективную организацию высокорентабельного производство и высокий уровень благоустройства социальной инфраструктуры в соответствии с социальными стандартами; улучшить качество жизни сельских жителей, обеспечив их доступ к современным социальным услугам, образованию, здравоохранению, культуре; повысить инвестиционную привлекательность сельской местности, создав благоприятные условия для развития агропромышленного комплекса и других сфер экономики; снизить отток населения из сельской местности, предотвратить депопуляцию и сохранить трудовые ресурсы; укрепить социальную стабильность и общественную безопасность, что благоприятно скажется на социально-экономическом развитии сельских территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pot, F.; Koster, S.; Tillema, T. Perceived accessibility in Dutch rural areas: Bridging the gap with accessibility based on spatial data. *Transp. Policy* 2023, Vol. 138, Pp.170–184.

2. Cattaneo, A.; Adukia, A.; Brown, D.L.; Christiaensen, L.; Evans, D.K.; Haakenstad, A.; McMenemy, 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, Vol.157, 105941.

3. Selod, H.; Shilpi, F. Rural-urban migration in developing countries: Lessons from the literature. *Reg. Sci. Urban Econ.* 2021, 91, 103713.

4. 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, Vol.312, 127529.

5. Bukhtoyarov N. I. Current state and development trends in agricultural land use in the central chernozem region / N. I. Bukhtoyarov, S. N. Volkov, G. N. Nikonova // *Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020)* – 2020. – Pp. 54–59.
6. Sandu I. S. Methodological aspects of social and economic efficiency of the regional activities / I. S. Sandu, M. Ya. Veselovsky, A. V. Fedotov et al. // *Journal of Advanced Research in Law and Economics*. – Vol.6. – №3. – Pp. 650–659.
7. Кудравец Д. А., Сухомлинова Н. Б. Землеустройство как механизм управления земельными ресурсами // *Научные исследования, открытия и развитие технологий в современной науке. Сборник материалов XX-ой международной очно-заочной научно-практической конференции*. – 2019. – С. 25–28.
8. Сухомлинова Н. Б., Горбатенко К. И. Мониторинг состояния земель сельскохозяйственного назначения для целей землеустройства (на примере Ростовской области) // *Мелиорация и водное хозяйство. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 130-летию со дня рождения академика Б. А. Шумкова*. В 2 ч. – 2019. – С. 57–62.
9. Aliloo A. A., Dashti S. Rural (2021) Sustainability assessment using a combination of multi-criteria decision making and factor analysis. *Environ Dev Sustain* Vol. 23, 6323–6336. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00874-z>.
10. Anabaraonye B., Okafor J. C., Hope J. (2020) Educating Farmers in Rural Areas on Climate Change Adaptation for Sustainability in Nigeria. In: Leal Filho W. (eds) *Handbook of Climate Change Resilience*. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93336-8_184.
11. Beloshitskii D. S., Patlasov O. Yu. (2021) Technologies for assessing food security in the transition to a circulating economy: IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 723 022053. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/2/022053>.
12. Pavlov A. Y., Palatkin I. V. (2021) A Set of Indicators for Monitoring the Development of Rural Municipalities in the System of Assessing the Sustainability of Rural Areas. In: Bogoviz A. V. (eds) *Complex Systems: Innovation and Sustainability in the Digital Age. Studies in Systems, Decision and Control, Vol.283*. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-58823-6_60.
13. Tikhii V. I., Afanasieva E. E., Koreva O. V. (2020) Evaluation of the Development of Rural Areas of the Region and Their Classification by the Level of Sustainability for the Purposes of Regional Policy. In: Solovev D. B., Savaley V. V., Bekker A. T., Petukhov V. I. (eds) *Proceeding of the International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019"*. Smart Innovation, Systems and Technologies, Vol.172. Springer, Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978981-15-2244-4_59.
14. Williams J. M., Chu V., Lam W. F., Law W. W. Y. (2021) Rural Sustainability: Challenges and Opportunities. In: *Revitalising Rural Communities. SpringerBriefs on Case Studies of Sustainable Development*. Springer, Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-5824-2_1.
15. Колмыков Ал. В. Обеспечение устойчивого социально-экономического развития административного района как кластерной организации: рекомендации производству. – Горки: БГСХА, 2023. – 243 с.

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.15:632.9:632.51

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ПОСЕВОВ КУКУРУЗЫ ОТ СОРНЯКОВ

А. П. ГВОЗДОВ, Е. А. ПУЧКО, Л. А. БУЛАВИН, М. А. БЕЛАНОВСКАЯ, В. Д. КРАНЦЕВИЧ

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

(Поступила в редакцию 12.02.2024)

В статье представлены результаты исследований по изучению влияния агроприемов возделывания кукурузы на засоренность посевов и продуктивность данной культуры. Показано, что при возделывании кукурузы в условиях центральной части Беларуси по традиционной отвальной вспашке через 30 дней после применения гербицидов численность сорных растений в контроле составила в среднем 364 шт./м², а их сырая масса – 1397,2 г/м², в т.ч. пырея ползучего – 192 шт./м² и 535,2 г/м². Урожайность зеленой массы при этом составила 28,4 ц/га, зерна – 1,5 ц/га. При проведении полупаровой обработки почвы, возделывании пожнивной редьки масличной, использовании изучаемых гербицидов численность сорняков находилась в пределах 8–299 шт./м², а их сырая масса – 21,2–1150,0 г/м², в т.ч. пырея ползучего – 3–143 шт./м² и 5,7–411,2 г/м². Урожайность зеленой массы кукурузы в этом случае варьировала в пределах 30,6–344,7 ц/га, зерна стандартной влажности – 1,7–74,2 ц/га в зависимости от технологии ее возделывания. Установлено, что проведение после уборки предшествующей культуры полупаровой обработки почвы и применение в фазу 3 листьев кукурузы гербицидов МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га), Аденго, КС (0,4 л/га) обеспечивает снижение засоренности посевов, урожайность зеленой массы и зерна на уровне использования гербицида Гардо Голд, КС (4,0 л/га) на фоне послеуборочного применения глифосатсодержащего гербицида Вольник Супер, ВР (2,5 л/га). При этом гербицидная нагрузка снижалась с 3,38 до 0,09–0,19 кг/га д.в., т.е. на 94,4–97,3 %, что имеет важное экологическое значение.

Ключевые слова: кукуруза, вспашка, полупаровая обработка почвы, пожнивная культура, гербицид, засоренность, урожайность.

The article presents the results of studies on the influence of agricultural practices for cultivating corn on weed infestation and the productivity of this crop. It has been shown that when cultivating corn in the central part of Belarus using traditional moldboard plowing, 30 days after the use of herbicides, the number of weeds in the control averaged 364 pcs/m², and their wet weight was 1397.2 g/m², including creeping wheatgrass – 192 pcs/m² and 535.2 g/m². The yield of green mass was 2.84 t/ha, grain – 0.15 t/ha. When carrying out semi-fallow tillage, cultivating stubble oilseed radish, and using the studied herbicides, the number of weeds was in the range of 8–299 pcs/m², and their wet weight was 21.2–1150.0 g/m², including creeping wheatgrass – 3–143 pcs/m² and 5.7–411.2 g/m². The yield of green mass of corn in this case varied in the range of 3.06–34.47 t/ha, grain of standard moisture – 0.177–0.42 t/ha, depending on the technology of its cultivation. It has been established that after harvesting the previous crop, semi-fallow tillage and the use of the herbicides Meister Power, oil dispersion (1.5 l/ha), Adengo, suspension concentrate (0.4 l/ha) in the 3-leaf phase of corn provide a reduction in crop weeds. Here, yields of green mass and grain are at the level with the use of herbicide Gar-do Gold, suspension concentrate (4.0 l/ha) against the background of post-harvest application of the glyphosate-containing herbicide Volnik Super, water solution (2.5 l/ha). At the same time, the herbicide load decreased from 3.38 to 0.09–0.19 kg/ha of acting substance, i.e. by 94.4–97.3 %, which is of great environmental importance.

Key words: corn, plowing, semi-fallow tillage, stubble crop, herbicide, weed contamination, yield.

Введение

При возделывании сельскохозяйственных культур важное значение имеет защита посевов от сорняков, которые конкурируют с культурными растениями за элементы минерального питания, воду, свет и способствуют распространению вредителей и болезней. Это приводит к существенному снижению урожайности [1], которое в почвенно-климатических условиях Беларуси может достигать у зерновых 30–37 %, а кукурузы – 90 % [2].

Высокой вредоносностью отличаются многолетние сорные растения. Они размножаются семенами и подземными побегами, что позволяет при наличии благоприятных условий для роста и развития быстро восстанавливать свою популяцию [3, 4]. На протяжении двух последних десятилетий важнейшим приемом уничтожения многолетних сорняков в Беларуси, как и в других странах, являлось

применение в послепосевный период гербицидов на основе глифосата. По расчетам специалистов, в настоящее время эти гербициды в республике целесообразно использовать ежегодно на площади не менее 0,8–1,0 млн. гектаров [5], что составляет 15,7–19,6 % пашни. При этом необходимо отметить, что во многих странах ведется дискуссия о необходимости значительного сокращения объемов применения гербицидов на основе глифосата с перспективой полного отказа от их использования. Это связано с тем, что производные глифосата являются канцерогенными и представляют опасность для здоровья населения и окружающей среды [6]. В то же время существуют эффективные устойчивые системы, в которых глифосат не используется [7].

В связи с вышеизложенным, пересмотр стратегии борьбы с многолетними сорняками, совершенствование существующего ассортимента гербицидов для их эффективного уничтожения при возделывании основных сельскохозяйственных культур имеет важное экологическое значение. К таким культурам относится кукуруза, которая в 2023 г. в Беларуси возделывалась на площади 1,2 млн гектаров, т.е. 23,1 % посевной площади. Целью исследований являлось изучение влияния агротехнических приемов и различных гербицидов на засоренность посевов и урожайность кукурузы, и выявление возможности отказа от применения гербицидов на основе глифосата при возделывании этой культуры без снижения ее продуктивности.

Основная часть

В 2020–2023 гг. в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве (гумус – 2,63–2,82 %, P_2O_5 – 232,0–292,0 мг/кг, K_2O – 257,0–268,0 мг/кг почвы, pH – 5,72–5,87) изучали возможность отказа от использования гербицидов на основе глифосата при выращивании кукурузы. Эту культуру возделывали после озимой пшеницы по отвальной вспашке, полупаровой обработке почвы, а также после пожнивной редьки масличной, применения глифосатсодержащего гербицида Вольник Супер, ВР (2,5 л/га) с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{60+60}P_{60}K_{120}$. Норма высева семян кукурузы – 85 тыс. на 1 га. Применение гербицидов проводилось в соответствии со схемой опыта, которая представлена ниже.

Изучаемые агроприемы существенно различались по влиянию на засоренность посевов кукурузы. Установлено, что при возделывании ее по традиционной отвальной вспашке без применения гербицидов на опытном участке в 2021–2023 гг. в посевах из двудольных сорняков преобладали марь белая, пастушья сумка, горец вьюнковый, фиалка трехцветная, дрема белая, пикульник обыкновенный, а из однодольных – пырей ползучий, щетинник сизый, просо куриное (табл. 1). Удельный вес в сорном ценозе двудольных сорняков составил в среднем за три года 37,4 %, а однодольных – 62,6 %, в т.ч. стеблей пырея ползучего – 52,7 %.

В среднем за 2021–2023 гг. при возделывании кукурузы по вспашке без применения гербицидов численность сорняков в ее посевах через 30 дней после проведения в других вариантах химической прополки составила 364 шт/м², а их сырая масса – 1397,2 г/м², в т.ч. пырея ползучего – 192 шт/м² и 535,2 г/м² (табл. 1). В варианте, где осенью проводили полупаровую обработку почвы и не применяли гербицидов, засоренность посевов уменьшилась до 261 шт/м², в т.ч. пыреем ползучим до 119 шт/м² при снижении сырой массы до 1000,6 г/м² и 346,6 г/м². Под влиянием этого фактора гибель сорняков составила в среднем 28,3 % при снижении сырой массы на 28,4 %, а пырея ползучего – 38,0 и 35,2 %. В вариантах, где после уборки предшественника возделывали редьку масличную или применяли глифосатсодержащий гербицид Вольник Супер, ВР (2,5 л/га) численность сорняков в посевах кукурузы при ее возделывании без использования гербицидов составила соответственно 299 и 176 шт/м² а сырая масса – 1150,0 и 786,5 г/м², что ниже по сравнению с традиционной вспашкой на 17,9 и 51,6 % по численности и на 17,7 и 43,7 % по сырой массе. Под влиянием пожнивной редьки масличной численность пырея ползучего уменьшилась до 143 шт/м², а его сырая масса до 411,2 г/м², а при использовании после уборки предшественника гербицида Вольник Супер, ВР (2,5 л/га) – до 15 шт/м² и 35,7 г/м². Снижение численности пырея ползучего под влиянием этих агроприемов составило соответственно 25,5 и 92,2 %, а сырой массы – 23,2 и 93,3 %.

При внесении в фазу 3 листьев кукурузы гербицида Балерина, СЭ (0,5 л/га) численность сорняков в зависимости от агроприемов, проводимых после уборки предшественника, в среднем за период исследований находилась в пределах 80–265 шт/м², а сырая масса – 257,3–792,3 г/м² (табл. 1), что ниже по сравнению с вариантами без проведения химической прополки на 27,2–54,5 и 43,3–46,2 % соответственно. Наименьшая засоренность посевов отмечалась при внесении этого гербицида на фоне

использования после уборки предшественника гербицида Вольник Супер, ВР (2,5 л/га). При этом необходимо отметить, что под влиянием гербицида Балерина, СЭ (0,5 л/га), эффективно уничтожающего двудольные сорняки, возрастала численность пырея ползучего на 8,3–26,7 % при увеличении сырой массы на 6,2–20,4 % в зависимости от агроприемов, проводимых после уборки предшественника. Аналогичная закономерность отмечалась и у однодольных однолетних сорняков (просо куриное, щетинник сизый). Их численность в этом варианте увеличивалась по сравнению с контролем на 24,2–25,6 %, а сырая масса – на 17,7–26,8 %. Это связано с ослаблением конкурентных отношений в сорном ценозе. Данная закономерность существенно снижала эффективность применения гербицида Балерина, СЭ (0,5 л/га) в защите посевов кукурузы от всего комплекса сорных растений.

Гербицид Гардо Голд, КС (4,0 л/га) обеспечил более высокую эффективность в уничтожении сорняков по сравнению с гербицидом Балерина, СЭ (0,5 л/га). При внесении Гардо Голд, КС (4,0 л/га) численность сорных растений в зависимости от агроприемов, которые проводились после уборки предшественника, находилась в пределах 26–207 шт./м², а сырая масса – 69,6–604,6 г/м² (табл. 1), что ниже по сравнению с вариантами без проведения химической прополки на 43,1–85,2 и 56,7–91,2 % соответственно. Самая низкая засоренность посевов отмечалась при использовании этого гербицида на фоне послеуборочного применения гербицида Вольник Супер, ВР (2,5 л/га). Установлено, что под влиянием гербицида Гардо Голд, КС (4,0 л/га), как правило, не отмечалось существенного увеличения засоренности посевов кукурузы пыреем ползучим при снижении численности и сырой массы щетинника сизого и просо куриного.

При использовании гербицидов МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га) и Аденго, КС (0,4 л/га) численность сорняков в посевах кукурузы находилась в пределах 8–24 и 9–26 шт./м², а сырая масса – 21,2–72,4 и 21,6–75,0 г/м² (табл. 1) в зависимости от агроприемов, проводимых после уборки предшественника. Снижение численности сорных растений по сравнению с вариантами, где химическую прополку не проводили, составила соответственно 93,4–95,5 и 92,9–94,9 % при уменьшении их сырой массы на 94,8–97,3 и 94,6–97,3 %. При этом в посевах, как правило, численность двудольных сорняков не превышала 1–2 шт./м², а сырая масса – 0,4–9,6 г/м². В вариантах с применением гербицида МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га) численность пырея ползучего находилась в пределах 3–17 шт./м², Аденго, КС (0,4 л/га) – 4–18 шт./м², а сырая масса – 5,7–46,9 и 6,3–46,3 г/м². Это свидетельствует о том, что указанные выше гербициды без применения производных глифосата обеспечили гибель пырея ползучего 80,0–90,6 % при снижении сырой массы на 84,0–91,3 %.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что в защите посевов кукурузы от многолетних сорняков, применение на фоне полупаровой обработки почвы в фазу 3 листа этой культуры гербицидов МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га), Аденго, КС (0,4 л/га) обеспечивает примерно такой же эффект, как и использование после уборки предшественника глифосатсодержащего гербицида Вольник Супер, ВР (2,5 л/га) с последующим применением в указанную выше фазу развития кукурузы гербицида Гардо Голд, КС (4,0 л/га).

Установлено, что в сложившихся условиях недостаточного увлажнения в среднем за 2021–2023 гг. при возделывании кукурузы без применения гербицидов урожайность зеленой массы изменялась в пределах 28,4–37,0 ц/га, а зерна – 1,5–2,5 ц/га (табл. 2) в зависимости от агроприемов, проводимых после уборки предшественника.

Таблица 1. Засоренность посевов кукурузы через 30 дней после химической прополки (среднее за 2021–2023 гг.)

Вариант	Однодольные сорняки			Всего однодольных	Двудольные сорняки							Всего двудольных	Всего сорняков
	пырей ползучи	щетинник сизый	просо куриное		горец вьюнковый	дрёма белая	марь белая	пастушья сумка	пикульник обыкновенный	фиалка трехцветная	прочие		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Д₁₀В₂₀													
1. Без гербицидов (контроль)	192 535,2	19 57,3	17 79,8	228 672,3	9 34,4	5 43,2	75 475,0	28 94,2	1 5,0	10 16,8	8 56,3	136 724,9	364 1397,2
2. Балерина, СЭ (0,5 л/га)	208 568,5	29 84,9	18 85,0	255 738,4	3 8,1	2 25,9	1 10,6	–	–	4 9,2	–	10 53,9	265 792,3
3. Гардо Голд, КС (4,0 л/га)	192 547,4	7 20,0	2 7,6	201 575,3	1 5,3	2 15,8	1 3,8	–	–	2 4,8	–	6 29,7	207 604,6
4. МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га)	17 46,9	5 14,0	1 4,3	23 65,2	–	1 4,3	1 2,9	–	–	–	–	1 7,2	24 72,4
5. Аденго, КС (0,4 л/га)	18 46,3	5 16,4	1 2,6	24 65,4	1 1,0	1 5,4	1 2,2	–	–	1 1,0	–	2 9,6	26 75,0
Д₁₀В₂₀К₁₀К₁₀													
1. Без гербицидов (контроль)	119 346,6	17 50,7	15 67,7	151 464,9	7 26,2	4 27,5	57 341,0	27 88,2	1 2,9	8 14,8	5 35,0	109 535,7	261 1000,6
2. Балерина, СЭ (0,5 л/га)	127 370,4	25 74,0	16 76,0	168 520,4	2 5,4	2 14,3	1 5,8	–	–	1 4,6	–	6 30,1	174 550,5
3. Гардо Голд, КС (4,0 л/га)	118 363,4	4 12,6	1 4,1	123 365,3	1 2,0	1 6,7	1 2,7	–	–	–	–	2 11,0	125 376,4
4. МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га)	11 34,4	2 9,3	1 2,0	13 45,7	–	–	1 1,9	–	–	1 1,0	–	3 3,0	14 48,7
5. Аденго, КС (0,4 л/га)	10 32,3	3 11,0	1 2,8	14 46,1	–	1 2,4	1 2,1	–	–	–	–	1 4,5	14 50,6
Д₁₀, посев редьки масличной, В₂₀													
1. Без гербицидов (контроль)	143 411,2	18 54,4	18 84,8	179 550,5	7 27,2	4 32,6	65 390,0	27 86,1	1 3,4	9 15,4	7 44,9	119 599,5	299 1150,0
2. Балерина, СЭ (0,5 л/га)	156 443,5	27 81,0	18 83,8	202 608,3	1 2,0	3 23,5	1 8,5	–	–	2 4,7	1 3,3	7 42,0	209 650,3
3. Гардо Голд, КС (4,0 л/га)	145 429,0	5 15,5	1 6,2	151 450,6	1 2,4	2 13,4	1 2,6	–	–	1 0,6	–	3 18,9	155 469,5
4. МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га)	13 40,5	3 10,0	1 2,4	17 52,9	–	1 3,6	–	–	–	1 1,0	–	1 4,0	18 56,9
5. Аденго, КС (0,4 л/га)	13 40,6	4 11,6	1 3,4	18 55,5	–	–	1 1,6	–	–	–	–	1 1,6	18 57,2
Вольник Супер, ВР (2,5 л/га) + В₂₀													
1. Без гербицидов (контроль)	15 35,7	24 67,4	19 89,7	58 192,8	10 41,5	1 3,3	70 422,8	25 76,4	1 2,0	7 12,9	6 35,1	118 593,6	176 786,5
2. Балерина, СЭ (0,5 л/га)	19 43,0	34 96,1	20 89,0	73 228,1	3 11,4	1 5,1	1 9,0	–	–	2 3,7	–	7 29,3	80 257,3
3. Гардо Голд, КС (4,0 л/га)	16 34,7	5 16,2	2 10,5	23 61,4	–	1 3,1	1 2,3	–	–	1 2,8	–	2 8,2	26 69,6
4. МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га)	3 5,7	3 8,4	1 4,0	7 17,7	–	1 1,4	1 1,7	–	–	1 1,0	–	1 3,5	8 21,2
5. Аденго, КС (0,4 л/га)	4 6,3	4 10,8	1 4,0	9 21,1	–	–	–	–	–	1 0,4	–	1 0,4	9 21,6

Примечание: Д₁₀В₂₀К₁₀ – дискование, вспашка, культивация, проводимая на глубину (см), указанную индексом; в числителе контрольного варианта представлена численность сорняков (шт/м²), в знаменателе – сырая масса сорняков (г/м²)

Таблица 2. Влияние агротехнических приемов и гербицидов на урожайность зеленой массы и зерна кукурузы (среднее за 2021–2023 гг.)

Агроприемы, проводимые осенью	Вариант	Урожайность зеленой массы, ц/га	Урожайность зерна, ц/га
1. Д ₁₀ В ₂₀	1. Без гербицидов (контроль)	28,4	1,5
	2. Балерина, СЭ (0,5 л/га)	119,7	22,4
	3. Гардо Голд, КС (4,0 л/га)	237,7	52,0
	4. МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га)	313,1	68,1
	5. Аденго, КС (0,4 л/га)	314,8	68,4
2. Д ₁₀ В ₂₀ К ₁₀ К ₁₀	1. Без гербицидов (контроль)	32,1	2,1
	2. Балерина, СЭ (0,5 л/га)	132,5	26,0
	3. Гардо Голд, КС (4,0 л/га)	271,8	58,8
	4. МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га)	333,0	71,8
	5. Аденго, КС (0,4 л/га)	336,1	72,0
3. Д ₁₀ , посев редьки масличной, В ₂₀	1. Без гербицидов (контроль)	30,6	1,7
	2. Балерина, СЭ (0,5 л/га)	127,8	24,3
	3. Гардо Голд, КС (4,0 л/га)	255,7	55,6
	4. МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га)	323,5	69,9
	5. Аденго, КС (0,4 л/га)	327,1	70,2
4. Вольник Супер, ВР (2,5 л/га) + В ₂₀	1. Без гербицидов (контроль)	37,0	2,5
	2. Балерина, СЭ (0,5 л/га)	138,7	27,5
	3. Гардо Голд, КС (4,0 л/га)	331,0	71,8
	4. МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га)	343,3	73,9
	5. Аденго, КС (0,4 л/га)	344,7	74,2
НСР ₀₅ (агроприемы)		8,8–17,5	1,9–2,8
НСР ₀₅ (гербициды)		7,3–15,7	1,5–2,5
НСР ₀₅ (частных средних)		18,5–35,0	3,7–5,6

В варианте, где применяли гербицид Балерина, СЭ (0,5 л/га) эти показатели составили соответственно 119,7–138,7 и 22,4–27,5 ц/га, Гардо Голд, КС (4,0 л/га) – 237,7–331,0 и 52,0–71,8 ц/га, МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га) – 313,1–343,3 и 68,1–73,9 ц/га, Аденго, КС (0,4 л/га) – 314,8–344,7 и 68,4–74,2 ц/га. При этом необходимо отметить, что при применении гербицидов МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га) и Аденго, КС (0,4 л/га) на фоне полупаровой обработки почвы урожайность зеленой массы и зерна кукурузы находилась на уровне использования гербицида Гардо Голд, КС (4,0 л/га) на фоне внесения после уборки предшественника глифосатсодержащего гербицида Вольник Супер, ВР (2,5 л/га) и составила соответственно 333,0; 336,1; 331,0 ц/га и 71,8; 72,0; 71,8 ц/га. Гербицидная нагрузка на окружающую среду в варианте с использованием гербицидов Вольник Супер, ВР (2,5 л/га) и Гардо Голд, КС (4,0 л/га) составляет 3,38 кг/га д.в., а гербицидов МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га) или Аденго, КС (0,4 л/га) – 0,09, или 0,19 кг/га д.в., т. е. снижается на 94,4–97,3 %.

Заключение

1. При наличии в сорном ценозе двудольных и однодольных сорняков, в т.ч. пырея ползучего засоренность посевов кукурузы через 30 дней после химической прополки при внесении гербицида Балерина, СЭ (0,5 л/га) снижалась в среднем за 3 года на 27,2–54,5 %, Гардо Голд, КС (4,0 л/га) – 43,1–85,2 %, МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га) – 93,4–95,5 %, Аденго, КС (0,4 л/га) – 92,9–94,9 %, а их сырая масса соответственно на 43,3–46,2; 56,7–91,2; 94,8–97,3; 94,6–97,3 %. Наибольший эффект при использовании этих гербицидов отмечался на фоне применения после уборки предшественника гербицида Вольник Супер, ВР (2,5 л/га) или проведения полупаровой обработки почвы.

2. Применение гербицидов МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га) и Аденго, КС (0,4 л/га) без предшествующего использования производных глифосата снижало численность пырея ползучего в посевах кукурузы в среднем на 80,0–90,6 %, а сырую массу на 84,0–91,3 % в зависимости от агротехнических приемов, проводимых после уборки предшественника. Применение на фоне полупаровой обработки почвы этих гербицидов обеспечивало примерно такой же эффект в уничтожении пырея ползучего, как и использование после уборки предшественника глифосатсодержащего гербицида Вольник Супер, ВР (2,5 л/га) с последующим внесением в фазу 3 листа кукурузы гербицида Гардо Голд, КС (4,0 л/га).

3. Наибольшую продуктивность кукурузы обеспечило применение гербицидов МайсТер Пауэр, МД (1,5 л/га) или Аденго, КС (0,4 л/га). Урожайность зеленой массы при использовании этих гербицидов в среднем за 3 года находилась в пределах 313,1–344,7 ц/га, а зерна – 68,1–74,2 ц/га в зависи-

мости от агроприемов, проводимых осенью после уборки предшественника. При их применении на фоне полупаровой обработки почвы урожайность зеленой массы и зерна кукурузы находилась на уровне использования гербицида Гардо Голд, КС (4,0 л/га) на фоне внесения после уборки предшественника глифосатсодержащего гербицида Вольник Супер, ВР (2,5 л/га). Гербицидная нагрузка на окружающую среду при возделывании кукурузы при этом снижалась с 3,38 до 0,09–0,19 кг/га д.в., т.е. на 94,4–97,3 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Земледелие: учебник / под ред. Г. И. Баздырева. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 108 с.
2. Майсеенко А. В., Сорока С. В. Итоги работы гос. службы защиты растений в 2000 году и задачи на 2001 г. // Ахова раслін. – 2001. – №2. – С. 4–7.
- 3 О совершенствовании мер борьбы с многолетними сорными растениями / Ю. А. Миренков и др. // Вестник БГСХА. – №1. – 2020. – С. 70–75.
4. Агробиологическое обоснование мер борьбы с многолетней сорной растительностью в условиях Республики Беларусь / П. А. Саскевич и др. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип., 2008. – 328 с.
5. Сорока С. В. Научное обоснование интегрированной системы применения гербицидов при возделывании озимых зерновых культур в Беларуси: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.07; Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Жодино, 2019. – 44 с.
6. Германия вводит запрет на глифосат с 2024 года – защитники пчел добились своего [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agrarheute.com>.
7. Glyphosate Classified Carcinogenic by International Cancer Agency, Group Calls on U.S. to End Herbicide's Use and Advance Alternatives [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://beyondpesticides.org/dailynewsblog/2015/03/glyphosate-classified-carcinogenic-by-international-cancer-agency-group-calls-on-u-s-to-end-herbicides-use-and-advance-alternatives/>

СПЕКТР И ЧАСТОТА ИНДУЦИРОВАННЫХ МУТАЦИЙ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ПОКОЛЕНИИ M₂

Д. А. БАТЮКОВ, Е. Л. АНДРОНИК, Е. В. ИВАНОВА

РУП «Институт льна»,
аг. Устье, Республика Беларусь, 211003, e-mail: andronik1@rambler.ru

(Поступила в редакцию 15.02.2024)

Обоснована необходимость использования химического мутагенеза как успешного способа решения задач селекции по увеличению генетической изменчивости и улучшению отдельных признаков сортов. В статье представлены результаты исследований, проведенных по изучению спектра и частоты индуцированной изменчивости в поколении M₂ у растений льна масличного. Установлено, что мутагены НЭМ и НММ являются эффективными в индукции мутационной изменчивости разного типа у сортов льна масличного, характер которой определяется видом и концентрацией использованного мутагена, а также генотипическими особенностями сорта. Выявлены отличия в мутабельности исследуемых сортов, которые проявлялись в различной частоте и спектре видимых мутаций. Спектр полученных в поколении M₂ морфологических мутаций зависел от вида и концентрации мутагена. Концентрация мутагенов НЭМ и НММ 0,006 % оказывала наибольшее влияние на проявление и выраженность морфологических признаков растений масличного льна в поколении M₂. В результате исследований обнаружены 29 типов изменений, которые были разделены на пять групп в зависимости от их характера и направленности: мутации с нарушением синтеза хлорофилла у всходов и взрослых растений (9 типов); мутации структуры стебля, побегов и листьев (5 типов); мутации окраски лепестков венчика и пыльников, формы лепестков и бутонов (7 типов); мутации окраски семян (4 типа); мутации по физиологическим признакам роста и развития (4 типа). Выявлены соматические мутации окраски листьев и лепестков цветка, визуально идентифицирующиеся по спектрам, наблюдали многочисленные тератологические изменения в формировании органов цветка. Наибольшую частоту имели мутации окраски лепестков венчика и пыльников. Установлено, что высокой мутагенной способностью обладает НММ, под действием которого у различных сортов получено до 20,95 % растений с мутациями. В вариантах действия НЭМ обнаружено значительно меньшее количество мутаций (max 13,15 %).

Ключевые слова: лен масличный, мутагенез, нитрозоэтилмочевина (НЭМ), нитрозометилмочевина (НММ), поколение M₂, спектр, частота.

The necessity of using chemical mutagenesis as a successful way to solve breeding problems to increase genetic variability and improve individual traits of varieties is substantiated. The article presents the results of research into the spectrum and frequency of induced variability in the M₂ generation in oil flax plants. It has been established that the mutagens ENU and NMU are effective in inducing mutational variability of various types in oil flax varieties, the nature of which is determined by the type and concentration of the mutagen used, as well as the genotypic characteristics of the variety. Differences in the mutability of the studied varieties were revealed, which manifested themselves in different frequencies and spectrum of visible mutations. The spectrum of morphophysiological mutations obtained in the M₂ generation depended on the type and concentration of the mutagen. The concentration of ENU and NMU mutagens of 0.006 % had the greatest effect on the manifestation and severity of morphological characteristics of oil flax plants in the M₂ generation. As a result of the research, 29 types of changes were discovered, which were divided into five groups depending on their nature and direction: mutations with impaired chlorophyll synthesis in seedlings and adult plants (9 types); mutations in the structure of the stem, shoots and leaves (5 types); mutations in the color of the corolla petals and anthers, the shape of the petals and buds (7 types); seed color mutations (4 types); mutations according to physiological signs of growth and development (4 types). Somatic mutations in the color of leaves and flower petals, visually identified by spectra, were identified, and numerous teratological changes in the formation of flower organs were observed. Mutations in the color of the corolla petals and anthers had the highest frequency. It has been established that NMU has a high mutagenic ability, under the influence of which up to 20.95 % of plants with mutations were obtained in various varieties. In the variants of action of ENU, a significantly smaller number of mutations were found (max 13.15 %).

Key words: oilseed flax, mutagenesis, ethylnitrosourea (ENU), nitrosomethylurea (NMU), M₂ generation, spectrum, frequency.

Введение

Химический мутагенез зарекомендовал себя как успешный способ решения таких задач селекции, как увеличение генетической изменчивости и улучшение отдельных признаков сортов. Наиболее важным этапом в реализации программ по мутационной селекции сельскохозяйственных растений является анализ второго мутантного поколения (M₂) с целью идентификации и отбора наиболее ценных мутантных генотипов. Распространенным тестом в исследованиях по экспериментальному мутагенезу у сельскохозяйственных растений являются хлорофильные мутации, что объясняется как высокой частотой встречаемости, так и сравнительной простотой их фенотипической оценки [1, с. 33]. Обзор литературных источников показал, что морфологические признаки являются наиболее частым объектом мутаций у льна масличного [2, с. 173; 3, с. 525; 4, с. 117]. Хлорофильные мутации позволяют судить о наследственных изменениях растений уже во втором поколении. По другим видимым изменениям говорить о мутагенном действии факторов можно с третьего поколения [5].

Целью данной научной статьи является выявление особенностей фенотипического проявления мутаций различных типов на всех этапах онтогенеза растений льна масличного в поколении M₂.

Основная часть

Объектом исследований являлись 6 сортов льна масличного из коллекции РУП «Институт льна»: Илим (отечественной селекции, среднеспелый, крупносемянный, крупноцветковый); Визирь и Бонус (отечественной селекции, среднеспелые, продуктивные); Фокус (отечественной селекции, раннеспелый, продуктивный), Дар (отечественной селекции, продуктивный, с измененным жирнокислотным составом); Altess (французской селекции, низкорослый, раннеспелый, продуктивный, крупноцветковый). В качестве химических мутагенов использовали супермутагены: N-нитроэтилмочевину (НЭМ) и N-нитрозометилмочевину (НММ). Концентрации рабочего раствора мутагенов – 0,006 %; 0,012 %; 0,025 %; экспозиции – 6, 12, 18 часов. Для проведения исследований использована методика Н. Н. Зоз [6]. При описании хлорофиллдефицитных изменений пользовались классификацией хлорофилльных мутаций по главному резко выраженному мутантному признаку в сравнении с таковым у исходного генотипа на всех стадиях развития растений, начиная с фазы всходов и до фазы полной спелости, описанной в исследованиях И. О. Поляковой с соавторами [7, с. 50]. Частоту мутаций (Mf) рассчитывали по С. F. Konzak et al. (1965) [8, с. 56].

Оценку значимости и вклада мутагенного фактора в формирование полевой всхожести семян льна масличного в поколении M₂ определяли путем многофакторного дисперсионного анализа. Под фактором «генотип» понимали генетические особенности каждого из изученных коллекционных образцов льна. Под фактором «мутаген» рассматривали применяемые мутагены, под фактором «концентрация» – концентрации химического мутагена, фактор «экспозиция» отражал период, на протяжении которого происходило воздействие мутагена.

Наличие достоверных эффектов мутагенного фактора, а также его взаимодействия с другими факторами подтверждено статистически (F_{факт.} > F_{теор.}, p-значимость < 0,01). Наибольший вклад в формирование рассматриваемого признака вносил фактор «концентрация» (25,98 %), а также взаимодействие факторов «мутаген*экспозиция» (18,92 %) (табл. 1).

Таблица 1. Вклад факторов в формирование полевой всхожести семян льна масличного в поколении M₂

Источник варьирования	Степень свободы	Средний квадрат	F _{факт.}	P-Значение
{1}Сорт	5	2882,00	125,489	< 0,01
{2}Мутаген	1	8700,74	378,852	< 0,01
{3}Концентрация	2	24067,00	1047,938	< 0,01
{4}Экспозиция	2	2109,00	91,831	< 0,01
Сорт*Мутаген	5	882,74	38,437	< 0,01
Сорт*Концентр	10	477,53	20,793	< 0,01
Мутаген*Концентр	2	2113,52	92,028	< 0,01
Сорт*Экспоз	10	501,80	21,850	< 0,01
Мутаген*Экспоз	2	17522,61	762,979	< 0,01
Концентр*Экспоз	4	358,47	15,609	< 0,01
Сорт*Мутаген*Концентр	10	382,79	16,668	< 0,01
Сорт*Мутаген*Экспоз	10	1485,85	64,698	< 0,01
Сорт*Концентр*Экспоз	20	299,19	13,027	< 0,01
Мутаген*Концентр*Экспоз	4	3740,89	162,888	< 0,01
1*2*3*4	20	514,91	22,420	< 0,01
Ошибка	216	22,97		

Обработка химическими мутагенами привела к появлению в M₂ большого количества мутаций в растениях масличного льна. Спектр мутаций включал 29 типов изменений морфологических и физиологических признаков. Найденные хлорофилльные мутации различались по внешнему проявлению и степени угнетенности растения, несущего мутацию (от летального исхода – до растений с нормальной жизнеспособностью). Все 29 типов изменений, выявленных в результате исследований, были разделены на пять групп, представленных ниже.

I группа. Мутации с нарушением синтеза хлорофилла у всходов и взрослых растений. Получены у всех исследованных сортов. Выявлено 9 типов: albina, viridialbina, xantha, chlorina, viridis, lutescent, striata, xanthoviridis и xanthocorroded. Мутации типов albina, viridialbina, chlorina и xantha приводили к летальному исходу на разных стадиях развития растения.

II группа. Мутации структуры стебля, побегов и листьев были представлены 5 типами изменений: растения с измененным количеством семядолей (с тремя семядолями); низкорослые растения, карлики, высокорослые растения, растения с зигзагообразным стеблем [9–10].

III группа. Мутации окраски лепестков венчика и пыльников, формы лепестков и бутонов (всего 7 типов) (рис. 1). Так, у сорта Дар голубая окраска лепестков менялась на светло-голубую, а у сорта Фокус серые пыльники – на оранжевые, у сорта Илим выделилась мутантная линия с белым венчи-

ком. Мутация формы цветка – «нераскрывающийся венчик», которая оказалась стерильной, а также звездчатая форма венчика были получены также у сорта Фокус. Данная мутация наблюдалась при обработке мутагеном НММ в концентрации 0,012 % с экспозицией 18 часов. Однако не все сорта оказались мутабельными по проявлению изменений этой группы – у сорта Визирь отсутствовали мутации окраски частей и формы цветка.

IV группа. Мутации окраски семян. Выделено 4 типа: желтая, коричневая, горчичная, пёстрая. Как правило, окраска семян менялась вместе с цветом окраски лепестков венчика и пыльников. Однако встречались семьи, в которых происходила смена окраски лепестков венчика и пыльников, а цвет семян не изменялся.

V группа. Мутации физиологические (изменения в росте и развитии растения). Выделено 4 типа: раннеспелые растения, позднеспелые растения, растения с нарушением развития семян (обнаружена при обработке мутагеном НЭМ у сортов Фокус и Бонус) и стерильность (полное отсутствие коробочек после цветения на вполне здоровом растении либо их недоразвитие).



Рис. 1. Фенотипическое проявление мутаций окраски лепестков венчика и пыльников, формы лепестков и бутонов под воздействием химических мутагенов в поколении M₂

Специфичность действия мутагенов и различная реакция сортов наблюдается в количестве каждого типа мутаций в общем их спектре. У сорта Altess в варианте обработки НЭМ хлорофильные мутации составляют 60 % от выявленных, а у сорта Фокус в варианте с НММ мутации изменения окраски семян составляют 40 %. У сорта Илим и Дар изменения формы и окраски цветков занимают 90 % всех отклонений.

Полученные данные дают основание заключить, что появление отдельных типов мутаций и доля каждого типа их в общем спектре зависят от сортовых особенностей и специфичности действия примененных химических мутагенов.

В результате фенологических наблюдений были выявлены соматические мутации окраски листьев и лепестков цветка, визуально идентифицирующиеся по спекторам (рис. 2–3). Проявлялись эти мутации в период «всходы – конец цветения». Так, например, большая часть обнаруженных нами хлорофильных химер, проявлялись в фазе бутонизации. На рис. 2 на листьях хорошо видны мутантные сектора, представленные группой клеток белой окраски. Кроме этого на настоящих листьях отмечали белые сектора в виде продольных полос или полос, окаймляющих лист. В дальнейшем в пазухах таких листьев иногда развивались полностью белые побеги, которые после образования нескольких пар листьев приостанавливали рост и отмирали. В общем количестве хлорофильных химер преобладали растения с белыми секторами на листьях центрального стебля. Но встречались и растения третьего типа, несущие оба типа хлорофильных химер.



Рис. 2. Соматические хлорофильные мутации, индуцированные НММ



Рис. 3. Спонтанные соматические мутации окраски венчика

При обработке семян льна сорта Altess мутагеном N-нитрозозтилмочевинной (НЭМ) в концентрации 0,012 % при экспозиции обработки 12 часов наблюдали многочисленные тератологические изменения в формировании органов цветка (рис. 4а и 4б). Встречающиеся отклонения от нормального строения цветка растений льна масличного в М₂ не препятствовали их нормальному функционированию. Достаточно четко прослеживалась диморфная гетеростилия у сорта Илим, у которого были идентифицированы длиннопестичные морфы (рис. 4в). Впервые константная длиннопестичная форма была получена при помощи химического мутагенеза во ВНИИ масличных культур в 70-е годы прошлого столетия К.И. Солдатовым. С точки зрения морфологии такие цветки для вида *L. usitatissimum* *L.* являются тератологическими изменениями, в то время как для большинства других видов рода *Linum* они являются нормой (*L. perenne*, *L. narbonense* и *L. thracicum*). Такое строение цветков льна способствует их переходу к перекрестному опылению [11]. Такая особенность делает полученные растения интересным объектом для изучения механизмов опыления и несовместимости.



Рис. 4. Тератологические изменения в формировании органов цветка льна масличного

Основными показателями, определяющими генетическую активность и эффективность мутагенов, является частота и спектр мутаций. Частоту мутаций рассчитывали как процентное соотношение мутировавшего потомства М₂ как для хлорофилльных, так и для морфологических мутаций для каждой обработки. В М₂ выделено 2058 растений с видимыми изменениями. Суммарная частота мутаций в варианте с меньшей концентрацией составила 9,8 %, с высокой – 4,19 % (рис. 5–6).

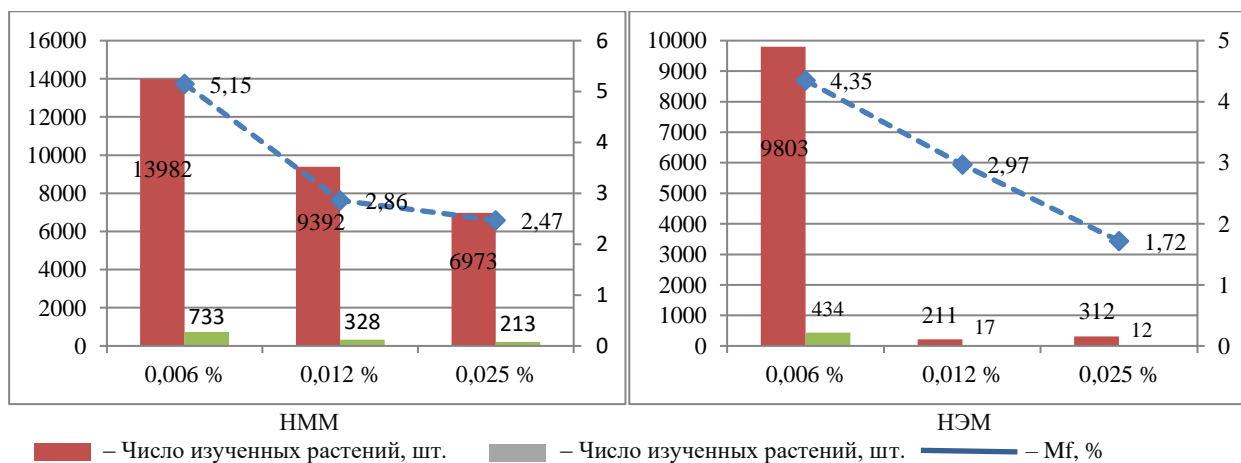


Рис. 5. Частота мутаций (Mf) у генотипов льна масличного в поколении М₂

В результате проведенного изучения установлено, что количество мутаций возрастает до определенного оптимума, а затем либо снижается, либо остаётся на этом же уровне и не повышается при увеличении концентрации мутагена. Такую закономерность наблюдали на всех сортах.

При изучении сравнительной эффективности использованных химических мутагенов установлено, что они по своей мутагенной активности не равнозначны. Самой высокой мутагенной способностью обладает НММ, под действием которого у различных сортов получено до 20,95 % растений с мутациями. В вариантах действия НЭМ обнаружено значительно меньшее количество мутаций (мах – 13,15 %).

Заключение

Эффективными мутагенами в плане индуцирования мутационной изменчивости разного типа у льна масличного являются НЭМ и НММ. Характер этой изменчивости определяется видом и концентрацией использованного мутагена, а также генотипическими особенностями сорта. Отличия в мутабельности проявлялись в различной частоте и спектре видимых мутаций.

Мутагены НЭМ и НММ в концентрации 0,006 % оказывают существенное влияние на выраженность многих морфологических признаков растений масличного льна в поколении М₂.

Спектр полученных в поколении М₂ морфофизиологических мутаций был достаточно широким, зависел от вида и концентрации мутагена (обнаружены 29 типов изменений). Хлорофиллдефицитные мутации включали группу из 9 типов изменений, мутации структуры стебля, побегов и листьев – 5 типов, мутации окраски венчика и пыльников, формы и размера цветка – 7 типов, мутации окраски семян – 4 типа, физиологические мутации роста и развития – 4 типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологические особенности северных популяций многолетних злаков. Генетический груз и выживаемость / О. Н. Лебедева и др.; под общей ред. А. Ф. Титова. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012. – 261 с.
2. Лях В. А., Полякова И.А., Сорока А. И. Индуцированный мутагенез масличных культур. – Запорожье: ЗНУ, 2009. – 266 с.
3. Тигова А. В., Сорока А. И. Частота и спектр мутаций у растений льна (*Linum humile* Mill.) под действием новых производных диметилсульфата // Физиология растений и генетика. – 2017. – Т.49, № 6. – С. 521–532.
4. Ущиповский И. В. Особенности индуцированного мутагенеза на культуре льна // Научные труды ВНИИЛ. – Торжок, 2002. – Вып. 30. Том 1.– С. 109–120.
5. Шпота В. И., Коновоалов Н. Г., Палкин П. М. Хлорофилльные мутации у горчицы Сарептской // Селекция и семеноводство. – 1995. – №1. – С. 29–32.
6. Зоз Н. Н. Методика использования химических мутагенов в селекции сельскохозяйственных культур // Мутационная селекция. – М.: Наука, 1968 – С. 23–27.
7. Фенотипическое проявление мутаций хлорофилл дефицитности на ранних этапах онтогенеза льна масличного / И. А. Полякова и др. // Вісник ЗНУ. – 2013. – № 1. – С. 49–57.
8. Efficient chemical mutagenesis / C.F. Konzak [at all] // Radiation Botany. – 1965. – Vol. 5. – P. 49–70.
9. Tejklova, E. Curlu stem an induced mutation in flax (*Linum usitatissimum* L.) / E. Tejklova // Czech j. genet. plantbreed. – 2002. – Vol. 38. – P. 125–128.
10. Наследование маркерных признаков у растений *Linum humile* mill. / А. В. Тигова и др. // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. – 2018. – № 25. – С. 35–40.
11. Галкин Ф. М. Тератологические изменения элементов цветка льна (*Linum usitatissimum* L.) // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2008. – № 1(138). – С. 66–69.

ЗАКОНЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ПРИМЕНЕНИИ К ОТРАСЛИ РАСТЕНИЕВОДСТВА Часть II. Использование расширенного перечня законов земледелия и растениеводства в учебном процессе

В. А. РАДОВНЯ, Д. А. РОМАНЬКОВ, А. С. МАСТЕРОВ

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

А. Ч. СКИРУХА

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222160*

(Поступила в редакцию 15.02.2024)

Сделаны предложения по формированию нового перечня законов земледелия, изучаемых в рамках учебной дисциплины «Земледелие». С помощью закона единства «организм-среда» вводятся элементы агроэкосистемы (совокупность среды и населяющих живых организмов) и направления взаимодействия между компонентами. С помощью Закона автотрофности зеленых растений определяются основные факторы жизни растений, их ведущая роль в агроэкосистеме в качестве преобразователей солнечной энергии в энергию химических связей, а также их влияние на почвенное плодородие. С помощью Закона равнозначности и незаменимости факторов жизни определяется мультипликативный характер их взаимодействия. Закон минимума и другие законы лимитирующих факторов предполагают различное влияние на продукционные процессы растений факторов жизни и их взаимодействие. Закон толерантности вводит понятие адаптивности растений, после адаптации в соответствии с парадоксом Закона минимума не один, а несколько факторов становятся важными для растений. Закон плодосмена и Закон возврата выступают не только в качестве биологических, но и экономических законов, что важно для оценки эффективности использования факторов жизни.

Предлагается расширенная формулировка Закона минимума, включающая в себя также Закон критических периодов и интенсивного потребления.

Делается вывод, что включение новых законов земледелия в состав традиционно изучаемых, а также логичная их систематизация и использование новых подходов к их пояснению позволят сформировать у студентов системное мышление по всем агрономическим дисциплинам, в том числе «Растениеводство».

Ключевые слова: *законы земледелия, законы растениеводства, законы экологии, агроэкосистема, адаптация.*

Proposals have been made for the formation of a new list of agricultural laws studied within the framework of the academic discipline "agriculture". Using the law of "organism-environment" unity, the elements of the agroecosystem (the totality of the environment and inhabiting living organisms) and the directions of interaction between the components are introduced. Using the Law of Autotrophy of Green Plants, the main factors of plant life are determined, their leading role in the agroecosystem as converters of solar energy into the energy of chemical bonds, as well as their influence on soil fertility. With the help of the Law of equivalence and irreplaceability of life factors, the multiplicative nature of their interaction is determined. The law of the minimum and other laws of limiting factors assume different influences of life factors and their interaction on the production processes of plants. The Law of Tolerance introduces the concept of plant adaptability; after adaptation in accordance with the paradox of the Law of the Minimum, not one, but several factors become important for plants. The law of fruit replacement and the law of return act not only as biological, but also economic laws, which is important for assessing the effectiveness of using life factors.

An expanded formulation of the Law of the Minimum is proposed, which also includes the Law of critical periods and intensive consumption.

It is concluded that the inclusion of new laws of agriculture in the traditionally studied ones, as well as their logical systematization and the use of new approaches to their explanation will allow students to develop systematic thinking in all agronomic disciplines, including crop production.

Key words: *laws of agriculture, laws of crop production, laws of ecology, agroecosystem, adaptation.*

Введение

В первой части статьи мы показали, что в научной литературе имеется ряд законов земледелия (далее – ЗЗ), которые имеют растениеводческую направленность, показывают ведущую роль растений в агроэкосистеме и учитывают их адаптивные способности. Несомненно, данные ЗЗ необходимо использовать в учебном процессе в рамках учебной дисциплины «растениеводство».

Традиционно, в аграрном образовании курсы специальных учебных дисциплин начинаются с предмета «земледелие», теоретическая часть которого в том числе посвящена изучению факторов жизни растений и законов земледелия. И в дальнейшем, уже в рамках заданной системы координат, студенты усваивают поступающую информацию по другим предметам, в том числе по «растениеводству». Излишний механицизм, упрощённость биологических систем (вплоть до игнорирования их свойств), заложенные в классический перечень законов земледелия, могут затруднить сформировать у студентов системное мышление.

Целью настоящей работы мы поставили переработку перечня ЗЗ в рамках учебной дисциплины «земледелие» с тем, чтобы уйти от механицизма, заложенного в них в XIX веке, и освоить современные системные подходы в экологии, земледелии и растениеводстве.

Основная часть

К формированию расширенного перечня законов земледелия и растениеводства.

Механицизм классического перечня зз заложен уже в определении состава факторов жизни, который обычно ограничивается только внешними факторами: космическими (свет, тепло) и земными (вода, углекислый газ, элементы минерального питания). Перечнем таких условий (или параметров) предлагается упрощённая модель черного ящика (некая сложная система, устройство которой не выяснено), куда «входят» факторы жизни и «выходит» урожай. Во избежание такого упрощения некоторые авторы учебных пособий включают в состав факторов жизни внутренние факторы (вид, сорт растений и т.д.).

Растение (вернее – агроценоз) – это не «идеальный биореактор», это открытая система. Живые организмы обладают активностью, избирательностью потребления, и оказывают влияние на другие элементы системы (живые и неживые). При таком подходе космические и земные факторы жизни растений являются не «ресурсными входами», а внешней средой жизни растений, откуда растение потребляет необходимые количества и адаптируется к их недостатку или избытку. Поэтому факторы жизни являются не только ресурсами, но и регулируемыми элементами.

Генотип можно считать дополнительным фактором формирования урожая – внутренним фактором жизни, но более правильно рассматривать его в качестве элемента системы. Нужно сказать, что в современной экологии принято считать, что объект и среда в процессе обмена веществом, энергией и информацией не только проникают друг в друга, но даже меняются местами.

Мы согласны с авторами [10], которые начинают перечень законов земледелия и растениеводства с закона XIII - **Закон единства «организм – среда»** (жизнь развивается в результате постоянного обмена веществом и информацией на базе потока энергии в совокупном единстве среды и населяющих её организмов).

Как было показано выше, закон определяет объекты агроэкосистемы (совокупность среды и населяющих живых организмов) и направления взаимодействия между компонентами. Урожай теперь выступает в качестве только одного из выходов системы (хотя и главного), а факторы жизни оказывают влияние не непосредственно на урожай, а на всю экосистему, которая под их влиянием изменяет своё состояние. Это чрезвычайно важно для понимания принципов адаптивного растениеводства.

В качестве второго закона предлагается ещё один малораспространённый закон:

XXI – Закон автотрофности зелёных растений (зелёные растения, используя энергию солнечного света и поглощая из воздуха углекислый газ, а из почвы воду и минеральные соединения, синтезируют все необходимые им органические вещества в количествах, обеспечивающих полное развитие и высокую урожайность растений). Таким образом, Закон XXI объединяет теории фотосинтеза и минерального питания растений.

Некоторые авторы трактуют данный закон следующим образом: «Для получения запланированного урожая необходимо, чтобы в почве в достаточном количестве и непрерывно имелись вода, все необходимые минеральные питательные вещества в доступной растениям форме» [12, с. 15]. Другие на его основе выводят необходимость быстрого формирования листовой поверхности [2].

На наш взгляд эти следствия не вполне обоснованы. Закон автотрофности только определяет факторы жизни растений (A, B, C, D, F) и источник энергии (E). В качестве возможных следствий из этого закона предлагаем следующую формулировку: «Зелёные растения и другие фотоавтотрофные организмы являются первыми элементами биосистемы, преобразующих энергию солнца в энергию химических связей и таким образом вводящих её в агроэкосистему».

Данное следствие является основой для выведения **Закона возрастающего почвенного плодородия (V)** в котором растения имеют ведущее значение, как главные производители органического вещества – субстрата для размножения микробиоты, под действием которой происходит почвообразовательный процесс. Благодаря растениям и микробиоте почва продолжает развиваться, а продуктивность экосистемы (плодородие) постепенно увеличивается.

При такой подаче материала студенты уяснят, что при интенсивных технологиях плодородие почвы увеличивается не только за счёт увеличения поступления в почву NPK с минеральными и органическими удобрениями. Благодаря улучшению условий жизни растения увеличат производство биомассы, в том числе корневых выделений и корней, а благодаря активизации микробиологической де-

тельности будут улучшены химические и агрофизические свойства почвы и её производительная способность (т.е. плодородие почвы в полном его понимании).

В качестве следующего закона предлагается «классический» ЗЗ (I):

I – Закон равнозначности и незаменимости факторов жизни растений, который устанавливает, что ни один из факторов жизни растений не может быть заменён никаким другим.

В научной литературе не приводится математическое выражение данного закона. Исходя из его логического содержания мы представляем его в следующем виде (модель I):

$$Y = ABCDF \quad \text{модель I;}$$

где Y – урожай, $ABCDF$ – факторы жизни.

Биологическое значение данного закона мы видим только в определении характера связей: факторы жизни оказывают на продукционные процессы растений мультипликативное, а не аддитивное влияние. Некоторые авторы приписывают данному закону относительный характер, указывая, что потребность в факторах жизни для различных растений отличается. Мы считаем чрезмерно расширенным данное толкование закона, и не вносим в состав формулы поправочных коэффициентов.

Нужно сказать, что В.Р. Вильямс [20] в своём учебнике «Почвоведение» из всех ЗЗ привёл только данный закон, а также критику Закона убывающего плодородия, в ходе которой раскрыл проблемы взаимодействия факторов жизни. И в настоящее время В. Т. Васько [4] предлагает обобщить все общебиологические ЗЗ (I-III) в один **Закон соотношения факторов жизни**, но при этом большое внимание уделяет Закону критических периодов (VII).

Мы же считаем необходимым сохранить в учебном процессе ретроспективную подачу Закона лимитирующих факторов, которая позволяет лучше понять биологический смысл ЗЗ. И самое детальное рассмотрение должен получить **Закон минимума (IIa)**, который является, пожалуй, наиболее широко применяемым законом не только в земледелии и экологии, но и в экономике, и в образовании [19,21, 25, 28].

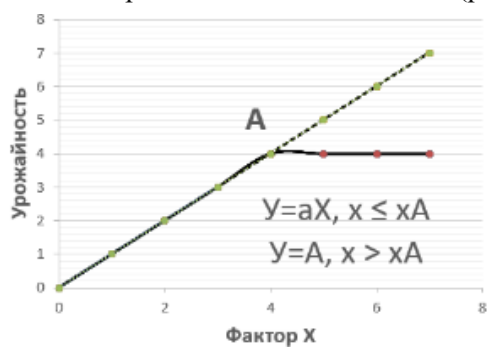
Сущность закона довольно проста и состоит в том, что величина урожая (и всякая производительность) определяется фактором, находящимся в минимуме.

Обычно в отечественных учебниках по земледелию [9] Закон минимума выражают в следующем виде (модель II):

$$Y=aX \quad \text{модель II;}$$

где Y – урожай; a – коэффициент пропорциональности для данного фактора; X – напряжение фактора.

Согласно модели II, закон позволяет ввести в модель I коэффициент пропорциональности для лимитирующего фактора и не рассматривать другие факторы (т.е. принять их за единицу). Однако в классической формулировке речь идёт именно об ограничении – о выходе урожая на плато в некоторой точке A при конечном значении x_A (рис. 1, модель III):



$$Y=aX, x \leq x_A$$

$$Y=A, x > x_A$$

модель III.

Рис. 1. Классическая модель закона минимума Либиха

Принято считать, что активная работа, проделанная Либихом по популяризации Закона минимума, немедленно произвела революцию в сельскохозяйственном производстве. На самом деле Закон минимума не получил однозначно положительного признания, долгое время подвергался критике, так как в полевых исследованиях часто не получал подтверждения. Знаменитый стационарный опыт на Ротемстадской опытной станции, который изначально планировался как кратковременный, был продолжен из-за научных разногласий между Лоусом и Гилбертом в Англии и Либихом в Германии [38].

Впоследствии были разработаны другие законы лимитирующих факторов: Закон максимума, Закон оптимума (II) и Закон совокупного действия факторов жизни (III). Было показано, что различные культуры для формирования урожая требуют разное количество факторов (т.е. было обосновано введение различных коэффициентов при переменных), факторы жизни по-разному взаимодействуют между собой (т.е. были введены понятия антагонизма, аддитивного или синергетического взаимодействия). Урожайность (вначале только прибавку урожая) стали описывать логистической, затем – квадратичной функцией (парабола), и ещё более точно – гауссианой (рис. 2). Последние две функции хорошо описывают не только интенсивность продукционных процессов, но и их итоговое значение (собственно урожайность).

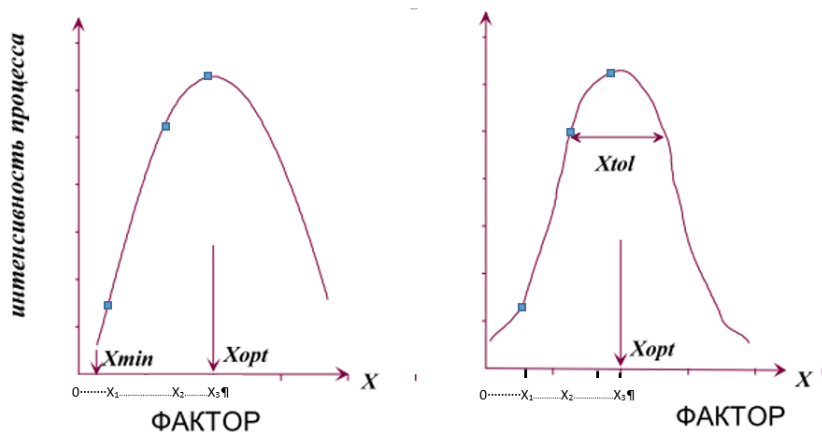


Рис. 2. Параболическая кривая и гауссиана (согласно [1])
 X_{min} – минимальное значение фактора, X_{opt} – биологический оптимум, X_{tol} – диапазон действующего фактора, в котором интенсивность процесса близка к оптимальному (диапазон толерантности)

Особенностью Закона минимума является то, что он описывает только рост в каждый определенный момент времени (интенсивность продукционных процессов). На определенных интервалах значений ($X_1 - X_2$, $X_2 - X_3$) Закон минимума может довольно точно описывать накопление урожая (рис. 2). В целом считается, что Закон минимума хорошо описывает только жизнедеятельность клетки или одноклеточных микроорганизмов (водоросли), но в применении к высшим растениям его точность чрезвычайно низкая [35].

Учитывая, что растения испытывают влияние целого ряда лимитирующих факторов в различные периоды роста, в сельскохозяйственных науках был введен Закон критических периодов (VII).

Некоторые исследователи выводят его как простое следствие из закона минимума, применительно к отдельным этапам развития [2]. Мы также считаем, что для сельскохозяйственных наук, где важна величина конечного урожая, Закон минимума должен объединяться с Законом критических периодов VIII, в том числе учитывать период интенсивного потребления. Например, в расширенной формулировке:

Пб – расширенный закон минимума: «Относительная и абсолютная потребность растений в факторах жизни различается по периодам роста и развития. Ограничение доступности фактора жизни (ресурса) в любой период лимитирует конечную биологическую продуктивность растений». Отметим, что в данной формулировке мы ограничиваем только величину биологического урожая, величина хозяйственного урожая может при этом не уменьшаться.

Важной поправкой и дополнением к Закону минимума служит закон:

XXII – закон неоднозначного (селективного) действия фактора на различные функции организма – любой экологический фактор неодинаково влияет на функции организма, оптимум для одних процессов (например, дыхания) не является оптимумом для других (например, питания) и наоборот [11].

В учебном курсе земледелия «классический» Закон лимитирующих факторов (II), как дальнейшее развитие Закона минимума, предлагается также дополнить Законом толерантности Шелфорда (XVII). Данный закон имеет аналогичное математическое выражение (парабола) и обычно в состав «классических» законов земледелия не вводится. Тем не менее именно этот ЗЗ показывает активную роль живых организмов в биосистеме – их способность адаптироваться к условиям среды. На самом деле, урожайность определяется не только количеством факторов жизни, но и способностью растения (или вернее всей агроэкосистемы) адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды. На примере

Закона толерантности становится заметен переход от ресурсного понимания факторов жизни к биологическому.

Ввиду того, что растения в полевых условиях испытывают не одно (как в Законе минимума), а несколько ограничений, была разработана альтернативная теория:

XXIII – гипотеза множественных ограничений, которая утверждает, что растения регулируют свои модели роста таким образом, что они одновременно ограничены несколькими ресурсами [28]. Данная теория предполагает, что адаптированный посев растений реагирует на ограничение ресурсов, распределяя внутренние ресурсы, чтобы смягчить это ограничение, не акцентируя внимание на приобретении других (не ограничивающих) ресурсов. Это создаёт динамическое равновесие, при котором с течением времени рост в равной степени ограничивается всеми ресурсами.

В целом, Закон минимума обычно поддерживается учёными, занимающимися растениеводством и агрономическими исследованиями, гипотеза множественных ограничений – исследователями по экологии растений [31].

А. Gorban [30] в своих работах по математическому обоснованию Закона минимума попытался ввести условное понятие «адаптационной энергии», или «энергия адаптации Селье», подразумевая под ней внутренний ресурс, затрачиваемый растениями для своей адаптации. И уже однофакторно-ресурсные модели адаптации (по Либиху) привели исследователя к Закону толерантности. На наш взгляд это вполне логическое заключение, если количество факторов жизни рассматривать не как «производственный запас материалов и комплектующих» в механистическом понимании земледелия, а как «давление фактора», которое в крайних значениях оказывает стрессовое воздействие на растения.

На основании своих теоретических исследований А. Gorban [30] выводит два парадокса:

Па – 1 Парадокс Закона минимума: если для случайно выбранной пары (состояние среды – состояние организма) действует Закон минимума (все ограничивается фактором, имеющим с наименьшее значение), то после адаптации многие факторы (максимально возможное их количество) становятся одинаково важными.

Па – 2 Закон Минимального обратного парадокса: если для случайно выбранной пары (состояние среды – состояние организма) множество факторов являются важными и сверхлинейно усиливают друг друга, то после адаптации наименьшее количество факторов остаётся важным (все ограничивается факторами с наименьшими некомпенсированными значениями, система приближается к Закону минимума).

Таким образом, гипотезу множественных ограничений также можно рассматривать в качестве частного случая Закона минимума, наблюдаемого после адаптации растений. Современное же понимание Закона минимума стало более биологическим – ориентированным на взаимодействия биологических систем разного уровня (клетка – организм – популяция) и далеко от линейно-дискретной формы, предложенной во времена Либиха.

В курсе земледелия (от Соколова, 1935 до Воробьёва, 1991) традиционно для объяснения Закона минимума, оптимума и максимума приводятся классические агрохимические примеры Гельригеля и Вольни, свидетельствующие, что все факторы жизни связаны, но при недостатке или избытке факторов урожай снижается [9, 16]. Такой упрощённый подход не объясняет студентам реальные причины снижения урожая.

В новом отечественном учебнике «Земледелие» (Никончик, Прокопович, 2014) лишь поверхностно указывается, что причинами снижения урожайности является замедление и прекращение жизненных процессов при минимальном и максимальном поступлении факторов жизни (температура, элементы питания, влажность) [8, с. 33]. Задачей земледельца при этом является обеспечение всех факторов в оптимальном количестве.

Отметим, что это подходы химико-технологического или интенсивного земледелия.

На самом деле любой недостаток либо избыток фактора жизни является для растений стрессом, к которому оно адаптируется при помощи различных механизмов и с различной скоростью. Урожайность в конечном счёте будет определяться тем, с каким успехом и за счёт каких механизмов растение адаптируется к новым экологическим условиям. Задачей земледельца при современном адаптивном подходе должен быть не только учёт количества факторов жизни и их восполнение, но и расширение возможностей растений адаптироваться к различного рода стрессам с минимальным расходом энергии, либо избежать их.

После введения понятия «адаптации растений» при рассмотрении ЗЗ становится более понятной биологическая сущность закона неравноценности и компенсирующего воздействия факторов среды

(vii): не факторы жизни способны компенсировать друг друга, а растения адаптируются к различному их количеству в системе (или поступлению в систему). При этом лимитирующие факторы обычно выступают в качестве регулирующих, которые индуцируют изменения в растении и в целом агроэко-системе. Растения должны быть максимально полно обеспечены другими факторами жизни и «адаптационной энергией» (запасы энергии в растении, хорошее развитие корневой системы, развитие желательной и подавление нежелательной микрофлоры и др.), чтобы быстро адаптироваться к стрессам и не потерять потенциал продуктивности.

Закон плодосмена (vi) показывает, что одним из способов снижения количества стрессоров является севооборот. Как считает в.т. васько [4], закон плодосмена (vi), как и закон возврата (iv) выходят за пределы общебиологических законов жизни растений, т.к. Описывает взаимодействие не всех факторов жизни растений, а «... характеризует только почвенный блок». Следует указать, что автор при этом об-суждает сугубо теоретические вопросы растениеводства и отношение растений к факторам жизни.

Но законы земледелия – это не только общебиологические законы жизни (или законы формирования урожая). Это руководящие принципы ведения земледелия (постольку, поскольку на их основе разра-батываются технологии возделывания и системы земледелия). И поэтому они должны содержать в себе основные подходы по экономике факторов жизни, т.е. Принципы хозяйственного их использования.

Нужно сказать, что закон плодосмена относительно недавно вернулся в учебники по земледелию. Закон возврата (iv), как самый главный закон земледелия, сформулированный ещё либухом, также появляется в советских учебниках позднего периода (с 1970 х годов) с началом «широкой химизации сельского хозяйства».

Как закон плодосмена, так и закон возврата чрезвычайно важны, т.к. Объединяют биологические и экономические аспекты земледелия. Они дают понять, что в сельском хозяйстве важен не только урожай растений, но и плодородие почвы, при этом нужно учитывать затраты на выращивание уро-жая и на повышение почвенного плодородия, а повышение эффективности производства достигается не только за счёт увеличения поступления фактора жизни (удобрение или орошение), но и за счёт организации труда и перераспределения ресурсов.

В итоге после изучения 33 у студента должно сформироваться многовариантное мышление. Он должен понимать, что урожай формируется в результате взаимодействия генотипа с окружающей средой, урожай можно повышать не только за счёт увеличения прихода (или оптимизации) отдель-ных ресурсов, но и за счёт повышения адаптивности растений и управления ресурсами во времени. Оптимальное количество факторов не просто обеспечивает максимальный урожай, оно обеспечивает наиболее эффективное использование космических факторов жизни (свет, тепло) за счёт включения техногенных факторов (удобрения, орошения, управление посевами).

Заключение

Таким образом, разработан расширенный перечень законов земледелия для изучения в рамках учебной дисциплины «земледелие». Включение новых законов земледелия в состав традиционно изучаемых, а также логичная их систематизация и использование новых подходов к их пояснению позволят сформировать у студентов системное мышление по всем агрономическим дисциплинам, в том числе по предмету «растениеводство».

ЛИТЕРАТУРА

1. Шеин Е. В., Гончаров В. М. Агрофизика; Московский государственный университет. – Издательство: Феникс, 2006. – 400 с.
2. Агрохимия: учебное пособие / Под ред. А. Х. Шеуджена. 2-е изд., перераб. и доп. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006. – 1075 с.
3. Вальков В. Ф., Денисова Т. В. Социально-экономические аспекты плодородия почв // Научная мысль Кавказа. – 2007. – №2 (50). – С. 38–43.
4. Васько В. Т. Теоретические основы растениеводства. – СПб: ПрофиИнформ, 2004. – 200 с.
5. Григулецкий В. Г. Новая математическая модель продуктивности подсолнечника в зависимости от площади питания растений // Масличные культуры. – 2021. – № 4(188). – С. 8–17.
6. Закон экологического оптимума В. Шелфорда (Закон толерантности). [Электронный ресурс]. – Экологический сло-варь, 2001. – Режим доступа: <http://bio.niv.ru/doc/dictionary/ecological/fc/slovar-199.htm#zag-300>. – Дата доступа: 15.01.2023.
7. Захваткин, Ю. А. Основы общей и сельскохозяйственной экологии: методология, традиции, перспективы. – М: Мир, 2003. – 360 с.
8. Земледелие: учебник / под ред. Н. И. Никончика, В. Н. Прокоповича. – Минск, ИВЦ Минфина, 2014. – 584 с.
9. Земледелие: учебник для студентов высших учебных заведений по агрономическим специальностям / С. А. Воробьев, А. Н. Каштанов, А. М. Лыков и др.; под ред. С. А. Воробьева, Ред. Е. М. Козина. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 527 с. – Библиогр.: с. 519.
10. Зубарев Ю. Н., Елисеев С. Л. История и методология научной агрономии: учебное пособие; М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2012. – 251 с.
11. Киришин В. И. Экологические основы земледелия. – М. Колос, 1996. – 367 с.

12. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: рекомендации / К. В. Коледа и др.; под общ. ред. К. В. Коледы, А. А. Дудука. – Гродно: ГГАУ, 2010. – 340 с.
13. Ларионов Ю. С. Закон плодородия почв – основа новой парадигмы сельскохозяйственного производства // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. – 2015. – № 4(32). – С. 120–133.
14. Лихачевич А. П. Приближенная количественная оценка воздействия факторов окружающей среды на формирование урожая сельскохозяйственных культур // Мелиорация. – 2006. – № 1(55). – С. 95–102.
15. Муратов А. С., Поварич И. П. Синергизм и эмерджентность: генезис их гармонизации в экономике и управлении // Вестник КемГУ. – 2012. – №1. – С. 11–23.
16. Общее земледелие: учебное пособие для растениеводческих вузов / Н. С. Соколов. – Москва: Государственное издательство колхозной и совхозной литературы «Сельхозгиз», 1935. – 665 с.
17. Основные законы биологизации земледелия / Г. Жигэу. [Электронный ресурс]. – Lider-agro. Режим доступа: <https://lider-agro.md/?p=11418>. – дата доступа: 18.02.2023.
18. О роли научных понятий в земледелии / И. Я. Пигорев, В. Н. Наумкин и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 4–10.
19. Портнов И. Не в бочке дело... // Учительская газета. – №37 от 15 сентября 2020.
20. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения: учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений / В. Р. Вильямс. – 5-е издание. – Москва: Сельхозгиз, 1947. – 456 с.
21. Сапогова Г. В. Роль естественных законов и экономических закономерностей в развитии аграрных технологических систем // Экономические науки. – 2011. – 1 (74). – С. 85–89.
22. Синергия. [Электронный ресурс] – Cybernetics Wiki. – Режим доступа: <https://cybernetics.fandom.com/ru/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F>. – Дата доступа: 15.01.2023.
23. Специальность 06.01.09 – растениеводство. – Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 15 мая 2018 г. № 125.
24. Суслов С. А. Законы растениеводства и земледелия // Вестник НГИЭИ. – 2012. – № 1(8). – С. 119–130.
25. Федорова Н. В. Методика определения общественно необходимых затрат в земледелии на основе дифференциации плодородия почв // Вестник Чувашского университета. – 2014. – № 1. – С. 260–268.
26. Шадже А. Е., Сиротюк Э. А., Шадже А. И. Словарь терминов по экологии. – Майкоп: Изд-во ФГБОУ ВО «МГТУ», 2016. – 92 с.
27. Шпаргалка по экологии [Электронный ресурс]. – Кафедра инженерной химии и промышленной экологии СПГУТД. Режим доступа: http://eco.sutd.ru/ecotest/docs/laws.htm#law_13. – Дата доступа: 15.01.2023.
28. Bloom, A. Resource limitation in plants - an economic analogy / A. Bloom, F. I. Chapin, H. Mooney // Annu. Rev. Ecol. Syst., 16 (1985), pp. 363–392.
29. Can We Harness “Enviromics” to Accelerate Crop Improvement by Integrating Breeding and Agronomy? // Frontiers in Plant. – 2021. – V.12
30. Gorban, A. Law of the Minimum Paradoxes / A. Gorban, L. Pokidysheva, E. Smirnova, T. Tyukina // Bulletin of mathematical biology. – 2010. – № 11.
31. Lynch, J. P. Edaphic stress interactions: Important yet poorly understood drivers of plant production in future climates / Jonathan P. Lynch // Field Crops Research. – Volume 283. – 2022.
32. Minimumgesetz [Electronic resource]. – Wikipedia. – Mode of access: [https://de.wikipedia.org/wiki/Minimumgesetz#:~:text=1909%20erschien%20dann%20Eilhard%20Alfred,\(Wirkungsfaktor\)%20die%20Ertragsh%C3%B6he%20steigern](https://de.wikipedia.org/wiki/Minimumgesetz#:~:text=1909%20erschien%20dann%20Eilhard%20Alfred,(Wirkungsfaktor)%20die%20Ertragsh%C3%B6he%20steigern). – Date of access: 15.01.2023.
33. Shelford's law of tolerance. [Electronic resource]. – Wikipedia. – Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Shelford%27s_law_of_tolerance. – Date of access: 15.01.2023.
34. Sinclair, T. R. Inadequacy of the Liebig Limiting-Factor Paradigm for Explaining Varying Crop Yields / T. R. Sinclair, W. I. Park // Agron. J. – 1993. – № 85. P. 742–746. Парадигма.
35. Tang, J. Finding Liebig ' s law of the minimum / J.Tang, W. J. Riley // Ecological, 2021. – № 31 (8).
36. Villiers, B. A. The Law of Diminishing Return in Agriculture. [Electronic resource]. – Sabinet African Journals. – Mode of access: https://journals.co.za/doi/pdf/10.10520/AJA0000021_693. – Date of access: 15.01.2023.
37. Wit, C. T. Resource Use Efficiency in Agriculture / C.T. de Wit // Agricultural Systems, 1992. – № 40. – P. 125–151.
38. Johnston, A. E. The importance of long-term experiments in agriculture: their management to ensure continued crop production and soil fertility – the Rothamsted experience / A. E. Johnston, P. R. Poulton. – Eur. J. Soil Sci., 2018. – №69. –P. 113–125.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗЕЛЕННОЙ И ПРОВЯЛЕННОЙ МАССЫ 1-ГО УКОСА МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ

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

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

(Поступила в редакцию 21.02.2024)

Перед кормопроизводством республики сегодня стоит задача повышения уровня протеина в сухом веществе травяных кормов за счет увеличения доли бобовых трав в чистом виде – до 70% от общей площади многолетних трав, что позволит обеспечить потребности высокопродуктивных коров в полноценном и дешевом белке.

Анализ химического состава зеленой и провяленной массы изученных многолетних бобовых трав 1-го укоса показал, что галега восточная, клевер луговой и люцерна посевная имеют высокое кормовое достоинство, которое изменяется в зависимости от фазы развития культуры. Установлено, что уборка трав в фазу стеблевания имеет значительные преимущества в сравнении с более поздней фазой уборки. В раннюю фазу отмечена наибольшая концентрация питательных веществ, в том числе сырого протеина, каротина, сырого жира, минеральных веществ. Более высокую концентрацию сырого протеина и каротина в 1 кг СВ имела галега восточная, по отношению к люцерне посевной и клеверу луговому. Эти показатели у нее в зависимости от степени провяливания в фазу стеблевания составляли 22,28–24,58 % и 163–367 мг, в фазу бутонизации – 19,45–22,19 %, 138–282 мг соответственно.

В более позднюю фазу развития растения грубеют, в них снижается содержание протеина, а количество клетчатки и лигнина увеличивается, что отрицательно сказывается на их питательности и переваримости. Полученные данные свидетельствуют о высоком качестве свежескошенной зеленой массы всех изучаемых культур в фазе стеблевания.

Ключевые слова: многолетние бобовые травы, бутонизация, стеблевание, сухое вещество, сырой протеин, каротин.

The republic's feed production today faces the task of increasing the level of protein in the dry matter of grass feeds by increasing the proportion of legumes in their pure form – up to 70 % of the total area of perennial grasses, which will meet the needs of highly productive cows for complete and cheap protein.

Analysis of the chemical composition of the green and wilted mass of the studied perennial leguminous grasses of the 1st cutting showed that galega orientalis, meadow clover and alfalfa have high nutritional value, which varies depending on the phase of crop development. It has been established that harvesting herbs during the stemming phase has significant advantages compared to a later harvesting phase. In the early phase, the highest concentration of nutrients was noted, including crude protein, carotene, crude fat, and minerals. Galega orientalis had a higher concentration of crude protein and carotene per 1 kg of dry matter compared to alfalfa and meadow clover. These indicators, depending on the degree of wilting in the stemming phase, were 22.28–24.58 % and 163–367 mg, in the budding phase – 19.45–22.19 %, 138–282 mg, respectively.

In a later phase of development, plants become coarser, their protein content decreases, and the amount of fiber and lignin increases, which negatively affects their nutritional value and digestibility. The data obtained indicate the high quality of freshly cut green mass of all studied crops in the stemming phase.

Key words: perennial legumes, budding, stemming, dry matter, crude protein, carotene.

Введение

Наращивание объемов заготовки и использования высококачественных консервированных кормов из провяленных бобовых трав обеспечивает увеличение продуктивного долголетия коров и повышение экономической эффективности отрасли скотоводства в целом [1, 2, 3].

Основным условием интенсивного ведения отрасли молочного животноводства Республики Беларусь является создание прочной кормовой базы и организация полноценного кормления, удовлетворяющего потребности животных во всех питательных и биологически активных веществах. Биологический потенциал животных используется в настоящее время менее, чем на 50 % по причине несбалансированности кормовых рационов и не высокого уровня кормления. В настоящее время ощущается недостаток высокобелковых кормов, который компенсируется за счет использования белковых добавок (шроты, жмыхи и др.) [4, 5, 6].

Среди многолетних трав наибольшую кормовую ценность представляют бобовые, содержащие большое количество протеина. Значительно повысить силосуемость сырья и качество готовых кормов, из многолетних бобовых трав, позволяет провяливание, которое существенно снижает распад питательных веществ, особенно белка, обеспечивает наименьшие суммарные потери и максимальное потребление готового корма, так как при недостаточном провяливании (СВ 20–25 %), увеличиваются потери в траншее из-за усиления микробиологических процессов и возможной утечки сока, а при более глубоком провяливании, на сенаж и сено, – увеличиваются потери в поле (осыпание листьев и бутонов) [7, 8, 9].

Основная часть

Объектами исследований являлась зеленая и провяленная масса (до уровня СВ – 35 %, 40 %, 45 %) многолетних бобовых трав (клевер луговой, люцерна посевная, галега восточная).

Исследования химического анализа зеленой массы и сырья проведены в научно-исследовательском институте (НИИ) прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии УО ВГАВМ по общепринятым методикам зоотехнического анализа.

Результаты наших исследований показали, что в сухом веществе свежескошенной зеленой массы клевера лугового (табл. 1), убранного в фазу стеблевания, содержалось 22,61 % сырого протеина, в результате провяливания содержание сырого протеина снижалось и при достижении СВ 45,6 % оно составило 20,20 %. При уборке в фазу бутонизации наблюдалась аналогичная тенденция: содержание сырого протеина уменьшалось от 21,75 % – в зеленой массе до 18,4 % – при СВ 45,7 %.

Таблица 1. Химический состав зеленой и провяленной массы клевера лугового 1-го укоса в разные фазы вегетации

Наименование корма	Сухое вещество, %	В сухом веществе						
		сырой протеин, %	сырой жир, %	сырая клетчатка, %	сырая зола, %	Ca, %	P, %	каротин, мг
Фаза стеблевания								
Свежескошенная масса	13,2	22,61	3,36	20,33	8,89	1,37	0,36	356
Провяленная масса	34,8	22,05	3,32	20,7	9,19	1,45	0,38	158
	40,6	21,65	3,28	21,4	9,53	1,51	0,39	150
	45,6	20,20	3,27	22,81	9,69	1,65	0,41	146
Фаза бутонизации								
Свежескошенная масса	19,2	21,75	2,85	23,20	7,08	1,71	0,34	234
Провяленная масса	35,4	20,93	2,78	26,81	7,51	1,78	0,36	147
	40,8	19,7	2,81	28,27	7,93	1,83	0,39	140
	45,7	18,4	2,82	29,53	8,03	1,87	0,45	133

Энергетическое питание животных во многом обуславливается наличием жира в кормах и рационах. Содержание сырого жира в сухом веществе зеленой массы клевера лугового изменялось незначительно в зависимости от степени ее провяливания, в фазе стеблевания от 3,36 до 3,27 %, а в фазе бутонизации от 2,85 до 2,78 %.

Особое значение для жвачных животных имеют углеводы (клетчатка и сахар). Они обеспечивают условия нормального функционирования микрофлоры рубца. Однако, известно, что содержание в сырье более 30 % клетчатки отрицательно сказывается на питательности и переваримости. Нами установлено, что сырая клетчатка в сухом веществе зеленой массы бобовых культур увеличивается по мере их провяливания и по мере развития растений. Сухое вещество зеленой массы клевера лугового, в отличие от сухого вещества галеги восточной и люцерны посевной, содержало больше сырой клетчатки. Ее количество у клевера в фазу стеблевания составляло от 20,33 до 22,81 %, в фазу бутонизации 23,2–29,53 %.

Минеральные вещества, влияют на процессы обмена веществ (переваривание, всасывание и усвоение корма). Как показали наши исследования, по мере развития растения содержание сырой золы уменьшается, в связи со снижением доли листьев в исходном сырье. По показателю сырой золы (8,89 %) лидировало сухое вещество клевера лугового, характеризующегося преобладанием листовой массы в урожае. В процессе провяливания процент сырой золы в сухом веществе увеличивается в виду расхода легкорастворимых углеводов, используемых на процесс дыхания и при СВ 45,6 % ее показатель в фазу стеблевания составил 9,69 %. При этом в фазу бутонизации это показатель при данном уровне сухого вещества составил 8,03 %. Минимальное содержание золы (7,08 %) наблюдалось в зеленой массе клевера в фазе бутонизации.

В кормлении животных большое значение имеют кальций и фосфор. Вследствие тесной связи фосфора и кальция необходимо учитывать их соотношение в рационе. Максимальные показатели Ca и P приходились на сухое вещество хорошо провяленной массы, а минимальные – на сухое вещество свежескошенной зеленой массы. Количество кальция в сухом веществе клевера лугового по мере развития растений увеличивалось в зеленой массе с 1,37 до 1,71 %, в провяленной массе с 1,65 до 1,87 %. Максимальное содержание фосфора было в провяленной до СВ 45,6 % массе и составило 0,41 и 0,45 %.

Каротин является биологически активным веществом растительного происхождения, играющим важную роль в обмене веществ и поддержании здоровья животных. Максимальное содержание каротина в сухом веществе клевера лугового отмечено в свежескошенной зеленой массе в как фазу стеб-

левания (356 мг), так и бутонизации (234 мг). По мере проявлявания клевера в фазе стеблевания каротин снизился в 2,4 раза (156 мг/кг СВ), в фазе бутонизации в 1,8 раза (133 мг/кг СВ).

Результаты химического анализа свежескошенной зеленой массы люцерны (табл. 2) показывают, что она богата сырым протеином (24,38 % в фазу стеблевания и 20,65 – в фазу бутонизации). Однако, как и у других бобовых культур, по мере проявлявания происходит снижение содержания сырого протеина и при содержании СВ 45,8–46,1 % сырой протеин составляет 20,75 и 17,59 % соответственно.

Таблица 2. Химический состав зеленой и провяленной массы люцерны посевной 1-го укоса в разные фазы вегетации

Наименование корма	Сухое вещество, %	В сухом веществе						
		сырой протеин, %	сырой жир, %	сырая клетчатка, %	сырая зола, %	Са, %	Р, %	каротин, мг
Фаза стеблевания								
Свежескошенная масса	16,8	24,38	3,91	18,96	5,92	1,45	0,29	297
Провяленная масса	36,3	22,15	3,52	21,82	6,12	1,52	0,29	157
	41,1	21,75	3,43	21,98	6,18	1,65	0,31	146
	45,8	20,75	3,37	22,5	6,22	1,71	0,32	144
Фаза бутонизации								
Свежескошенная масса	17,2	20,65	3,15	24,25	6,59	1,75	0,26	227
Провяленная масса	36,4	19,43	2,92	25,33	6,88	1,82	0,27	143
	40,6	18,85	2,76	26,28	6,96	1,89	0,28	138
	46,1	17,59	2,67	27,77	7,05	1,92	0,30	130

Сухое вещество зеленой массы люцерны посевной, убранной в фазу стеблевания, независимо от степени проявлявания содержало больше сырого жира по сравнению с галегой восточной и клевером луговым. Показатели содержания сырого жира находились в пределах 3,37–3,91 % в фазе стеблевания и 2,67–3,15 в фазе бутонизации. Нами отмечена такая же тенденция потери сырого жира, как и у клевера лугового: максимальный показатель в свежескошенной зеленой массе, минимальный – в провяленной до СВ 45,8–46 %.

По мере проявлявания зеленой массы люцерны происходило увеличение содержания в сухом веществе сырой клетчатки на 18,7 % в фазу стеблевания и на 14,5 % в фазу бутонизации по отношению к зеленой массе. По этому показателю люцерна занимала промежуточное положение с показателями от 18,96 до 27,77 %.

Показатели содержания сырой золы в сухом веществе зеленой массы люцерны посевной составляли в фазу стеблевания 5,92–6,22 %, в фазу бутонизации – 6,59–7,05 %, что соответствует закономерностям, описанным у клевера лугового. Такая же тенденция наблюдалась и в содержании Са и Р, максимальные показатели которых зафиксированы при содержании СВ 45,8–46,1 %. Содержание же каротина снижалось в люцерне по мере проявлявания в 2 раза в фазе стеблевания (от 297 до 144 мг) и в 1,7 раза в фазе бутонизации (от 227 до 130 мг).

1 кг свежескошенной зеленой массы галеги восточной, при содержании в ней СВ 15,8 %, содержал 24,58 % сырого протеина (табл. 3). В процессе развития растения и его подвяливания идет потеря сырого протеина. При достижении зеленой массой, убранной в фазу стеблевания, содержания СВ 46,6 % уровень сырого протеина снижается до 22,28 %. Аналогичная закономерность прослеживается и у других изучаемых нами культур.

Таблица 3. Химический состав зеленой и провяленной массы галеги восточной 1-го укоса в разные фазы вегетации

Наименование корма	Сухое вещество, %	В сухом веществе						
		сырой протеин, %	сырой жир, %	сырая клетчатка, %	сырая зола, %	Са, %	Р, %	каротин, мг
Фаза стеблевания								
Свежескошенная масса	15,8	24,58	3,28	18,05	8,20	1,44	0,28	367
Провяленная масса	36,6	23,30	3,2	18,75	8,88	1,51	0,30	178
	41,0	22,79	3,28	19,5	8,90	1,68	0,31	171
	46,6	22,28	3,33	19,65	8,97	1,72	0,33	163
Фаза бутонизации								
Свежескошенная масса	17,0	22,19	2,86	21,9	6,21	1,64	0,27	282
Провяленная масса	35,9	20,26	2,45	26,2	7,20	1,68	0,28	153
	41,2	20,17	2,69	27,32	7,32	1,7	0,30	146
	45,7	19,45	2,33	28,59	7,33	1,72	0,31	138

Результаты наших исследований показали, что сухое вещество зеленой массы галеги восточной, убранной в фазу стеблевания, в зависимости от степени ее проявлявания содержало от 3,2 до 3,33 % сырого жира, в фазу бутонизации – от 2,33 до 2,86 %.

Содержание клетчатки в СВ зеленой массы галеги восточной, убранной в фазу стеблевания составляло 18,05–19,65 %, в фазу бутонизации – 21,9–28,59 %. Меньше всего ее отмечено в свежескошенной зеленой массе. При содержании в подвяленной массе фазы стеблевания и бутонизации 36,6 % и 35,9 % СВ соответственно на долю клетчатки приходилось 18,75 и 26,2 %. При уровне СВ 41,0 и 41,2 % доля клетчатки увеличивалась на 0,75 и 1,12 % соответственно. Таким образом, к концу проявлявания доля клетчатки составила 19,65 % в фазу стеблевания и 28,59 % – бутонизации.

В наших исследованиях содержание сырой золы в сухом веществе зеленой массы галеги восточной, убранной в фазу стеблевания, находилось на уровне 8,20–8,97 %, в фазе бутонизации – 6,21–7,33 %. Содержание кальция и фосфора увеличивалось по мере проявлявания, максимальные значения этих показателей отмечены в подвяленной до СВ 46,6 % зеленой массе фазы бутонизации (1,72 и 0,33 % соответственно), минимальные – в свежескошенной зеленой массе.

Зеленая масса галеги восточной имела достаточно высокие показатели каротина, которые в зависимости от содержания в ней влаги, составляли 367–163 мг в фазе стеблевания и 282–138 мг – бутонизации. Снижение влажности влекло за собой уменьшение каротина в 2,2 раза в фазе стеблевания и в 2 раза в фазе бутонизации.

Заключение

Химический состав исходного сырья оказывает существенное влияние на качество заготавливаемых кормов. Органическое вещество кормов представляет собой основной фактор в кормлении, так как с ним поступают в организм все питательные и многие биологически активные вещества. Оно незаменимо как источник энергии и соединений, преобразуемых в организме животного в вещества, входящие в состав тела и продукции. Показатели питательности исходного сырья для заготовки кормов во многом зависят от фазы развития трав в период их скашивания. Молодые травы имеют не только высокую концентрацию энергии в сухом веществе, большое количество белка высокой биологической ценности и витаминов, но и более приемлемую для животных клетчатку с малым содержанием лигнина. В процессе онтогенеза растений происходит увеличение клетчатки. Известно, что ее повышение на 1 % снижает у крупного рогатого скота переваримость органического вещества на 0,85–0,90 %. Чтобы получить высококачественные травяные корма, переваримость органического вещества должна составлять не менее 65 %, а содержание клетчатки в сухом веществе не более 26 %. Поэтому начинать уборочные работы следует при содержании клетчатки в сухом веществе не более 20–22 %, что соответствует фазе стеблевания.

В эту фазу отмечена наибольшая концентрация питательных веществ, в том числе сырого протеина, каротина, сырого жира, минеральных веществ. Более высокую концентрацию сырого протеина и каротина в 1 кг СВ имела галега восточная в фазу стеблевания 22,28–24,58 % и 163–367 мг 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. Изучение показателей силосуемости и питательной ценности зеленой массы галеги восточной в зависимости от фазы уборки, укоса и степени проявлявания / 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Кормопроизводство с основами ботаники. Практикум: учебное пособие / Т. М. Шлома, М. О. Моисеева, Н. Н. Зенькова и др. – Витебск: ВГАВМ, 2022. – 131 с.
7. 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.
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. Шелото Б. В., Киселев А. А., Горновский А. А. Зеленые и сырьевые конвейеры: рекомендации. – Горки: БГСХА, 2016. – 36 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОКСИКАНТОВ НА ОСНОВЕ АБАМЕКТИНА И ЦИАНТРАНИЛИПРОЛА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТРИПСОВ НА ОГУРЦЕ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

С. И. РОМАНОВСКИЙ

РУП «Институт защиты растений»,
аг. Прилуки, Республика Беларусь, e-mail: romass_86@mail.ru

(Поступила в редакцию 19.02.2024)

В 2021–2022 гг. проведены исследования по изучению эффективности токсикантов на основе абамектина и циантранилипрола для контроля численности растительноядных трипсов в посадках огурца защищенного грунта, выращиваемого в условиях зимне-весеннего культурооборота способом малообъемной гидропоники в остекленных производственных теплицах с естественным типом вентилирования. Установлено, что на фоне активного развития популяций фитофагов в целом за два года биологическая эффективность абамектина (18 г/л, КЭ) в норме расхода 1,0 л/га варьировала в пределах 51,5–100 %. Защитный эффект двухкомпонентного токсиканта (абамектин, 18 г/л + циантранилипрол, 60 г/л, СК) – 1,5 л/га находился в диапазоне 24,3–100 %. Отмечена достаточная, до 85,3 %, инсектицидная активность циантранилипрола (100 г/л, СК) в норме расхода 1,0 л/га. Высокая биологическая эффективность (87,1 %) на фоне наименьшего начального диапазона токсичности 63,2–73,5 % против имаго и личинок трипсов была выявлена при трехкратном применении инсектицида Веримарк, СК (0,5 л/га) способом внесения через систему капельного полива. При установленном интенсивном типе развития популяций фитофагов продолжительность защитного действия абамектина (18 г/л, КЭ) и его комбинированной формы с циантранилипролом достигала 10–14 суток. Отмеченная кратковременность воздействия препарата Веримарк, СК (циантранилипрол, 200 г/л) и циантранилипрола (100 г/л, СК) в сложившейся энтомологической ситуации, при достижении пиковой численности имаго и личинок до 45,7 ос./лист для получения более стабильного эффекта обуславливает необходимость сокращения интервала до 7 суток.

Ключевые слова: насекомые семейства Thripidae, абамектин, циантранилипрол, биологическая эффективность, огурец защищенного грунта, трипс табачный (*Thrips tabaci* Lind.), западный цветочный трипс (*Frankliniella occidentalis* Perg.), популяция.

In 2021–2022 research was conducted to study the effectiveness of toxicants based on abamectin and cyantraniliprole to control the number of herbivorous thrips in protected ground cucumber plantings grown under conditions of winter-spring crop rotation using low-volume hydroponics in glazed production greenhouses with a natural type of ventilation. It was established that, against the background of the active development of phytophagous populations in general, over two years the biological effectiveness of abamectin (18 g/l, emulsion concentrate) at a consumption rate of 1.0 l/ha varied within 51.5–100 %. The protective effect of a two-component toxicant (abamectin, 18 g/l + cyantraniliprole, 60 g/l, suspension concentrate) – 1.5 l/ha was in the range of 24.3–100 %. Sufficient, up to 85.3 %, insecticidal activity of cyantraniliprole (100 g/l, suspension concentrate) at a consumption rate of 1.0 l/ha was noted. High biological effectiveness (87.1 %) against the background of the smallest initial toxicity range of 63.2–73.5 % against thrips adults and larvae was revealed with threefold application of the insecticide Verimark, suspension concentrate (0.5 l/ha) by application through a system of drip irrigation. With the established intensive type of development of phytophage populations, the duration of the protective effect of abamectin (18 g/l, emulsion concentrate) and its combined form with cyantraniliprole reached 10–14 days. The noted short-term effect of the drug Verimark, suspension concentrate (cyantraniliprole, 200 g/l) and cyantraniliprole (100 g/l, suspension concentrate) in the current entomological situation, when the peak number of adults and larvae reaches 45.7 individuals/leaf, necessitates reducing the interval to 7 days to obtain a more stable effect.

Key words: insects of the Thripidae family, abamectin, cyantraniliprole, biological effectiveness, protected ground cucumber, tobacco thrips (*Thrips tabaci* Lind.), western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* Perg.), population.

Введение

В энтомокомплексе основных вредителей огурца защищенного грунта в Республике Беларусь к наиболее распространенным относят насекомых семейства *Thripidae*. В годы с массовым размножением фитофагов преимущественная предпочтительность данной культуры предопределяет быстрый рост численности их популяций [9].

До недавнего времени в республике основной акцент при оценке эффективности инсектицидов против трипсов в посадках огурца защищенного грунта был смещен в сторону табачного (*Thrips tabaci* Lind.), что на современном этапе расширения международных торговых отношений, способствующих созданию условий для проникновения адвентивных видов, ставит под сомнение эффективность большинства узко ориентированных препаратов [5]. Недостаток знаний о видовом составе растительноядных трипсов ограничивает возможность определения рисков в результате повреждения культуры тем или иным видом, тем самым препятствует принятию рациональных и эффективных решений в плане выбора приемов и методов защиты.

Низкая в условиях теплиц естественная гибель, способность к партеногенезу, высокая плодовитость, относительно короткий преимагинальный период и ряд других биоэкологических особенностей трипсов часто являются причиной безрезультативного применения инсектицидов [1, 3]. Еще один не менее важный фактор – быстро растущая резистентность популяций, часто являющаяся при-

чиной получения кратковременного эффекта в результате многократного использования токсикантов одной химической группы [1, 2, 3, 9].

Трипсы как группа вредителей сельскохозяйственных культур серьезно изучается вот уже более века, однако лишь к 30-м годам прошлого столетия их растущее экономическое значение привлекло внимание энтомологов США, Европы, Африки и Азии [2, 6, 7]. Несмотря на это в Республике Беларусь на сегодняшний день проблема трипсов в агробиоценозах овощных культур открытого и защищенного грунта изучена недостаточно. В литературе имеются лишь фрагментарные сведения в рамках обобщенных научных трудов (Кажарский В. И., Прищепа И. А., 2014 г.) [8].

В теплицах и оранжереях Российской Федерации основное внимание уделяется изучению видового разнообразия и биоэкологических особенностей данной группы насекомых, а также разработке возможных приемов и методов для эффективного контроля трипсов. Великань В. С. (2005 г.), Доброхатов А. С. (2008 г.) и др. отмечают, что состав и агрономическое значение отдельных видов на протяжении многих лет претерпевали постепенные изменения. В XIX веке наиболее существенным вредителем, в том числе и в посадках огурца защищенного грунта, был тепличный трипс (*Heliothrips haemorrhoidalis* Вouc.). К середине XX века все большее значение стал приобретать табачный трипс (*Thrips tabaci* Lind.) В 80-е годы в теплицах Европы появился новый вредитель – западный цветочный (калифорнийский) трипс (*Frankliniella occidentalis* Perg.), вскоре проникший и в Россию [4, 6, 7]. Великань В. С. и Доброхатов С. А. (2005 г.) обращают внимание, на то, что ежегодное ухудшение энтомологической ситуации в посадках огурца наблюдается не только за счет инвазий новых карантинных объектов, но и на фоне увеличения вредоносности аборигенных видов, численность которых ранее была незначительной. Их доля в смешанных популяциях в летние месяцы на растениях тепличного огурца в отдельные годы может варьировать от 2,0 до 60,0 % [4].

Согласно данным наших исследований, проведенных в 2021–2022 гг. на посадках огурца, выращиваемого в промышленных культивационных сооружениях республики, впервые было зафиксировано присутствие двух родов растительноядных трипсов – *Thrips* и *Frankliniella*. При этом наиболее часто встречаемыми являлись монопопуляции рода *Frankliniella*.

Исследования видового разнообразия и биоэкологических аспектов развития насекомых семейства *Thripidae*, проводимые в различных частях мира, направлены прежде всего на преодоление проблемы оптимизации управления плотностью их популяций [1, 3, 9].

Изучение особенностей развития западного цветочного трипса Поздняковым С. А. (2008 г.) в посадках огурца защищенного грунта в центральном регионе Российской Федерации показало, что 91,0 % нимфальных стадий вредителя находится в поверхностных слоях минерального субстрата и только 9,0 % остается на листьях. Таким образом, большая их часть недоступна при проведении целевых защитных мероприятий, а яйца, расположенные внутри растительной ткани, являются постоянным источником быстрого восстановления популяций [11]. В теплицах северо-запада России Клишиной И. С. (2009 г.) впервые была определена чувствительность карантинного для Республики Беларусь вида – американского трипса (*Echinothrips americanus* Morg.) к препаратам из классов фосфорорганических соединений, неоникотиноидов, спиносинов и авермектинов. Также отмечена резистентность у популяций табачного и западного цветочного трипсов к токсикантам на основе синтетических пиретроидов и фосфорорганических соединений [9].

На основании вышеизложенного с учетом возможных рисков инвазии и распространения адвентивных видов в посадках огурца, выращиваемого в условиях производственных теплиц в Республике Беларусь, поиск альтернативных решений для контроля их популяций следует рассматривать как эффективную часть совершенствования химического метода защиты.

В связи с этим нами оценено влияние инсектицидов на основе метаболита актиномицетов – абамектина и токсикантов химической группы антропиламида – циантранилипрола на динамику развития популяций фитофагов семейства *Tripidae* в посадках огурца защищенного грунта.

Основная часть

Изучение биологической эффективности инсектицидов проводили в 2021–2022 гг. на гибриде огурца Бьерн F_1 зимне-весеннего культурооборота, выращиваемого способом малообъемной гидропоники в условиях остекленных производственных теплиц с естественным вентилированием в ОАО «Озерицкий-Агро» Смолевичского района Минской области.

Закладку и проведение мелкоделяночных опытов осуществляли согласно общепринятой методике [10]. Расположение делянок рендомизированное. Площадь опытной делянки – 10 м², повторность 4-кратная. Технология выращивания общепринятая для культуры огурца в условиях производственных теплиц Республики Беларусь.

Объектом исследования являлись имаго и личинки растительных трипсов. Оценка биологической эффективности в контроле численности насекомых семейства *Thripidae* проведена для следующих образцов токсикантов: абамектин (18 г/л, КЭ) в норме расхода 1,0 л/га; абамектин (18 г/л) + циантранилипрол – (60 г/л, СК) – 1,5 л/га; циантранилипрол (100 г/л, СК) – 1,0 л/га. Расход рабочей жидкости – 1000 л/га.

Оценка эффективности циантранилипролсодержащих инсектицидов была проведена путем сравнения различных способов применения в результате включения в схему опыта рекомендованного в посадках тепличного огурца для внесения через систему капельного полива препарата Веримарк, КЭ (циантранилипрол, 200 г/л) – 0,5 л/га. Расход рабочей жидкости 5000 л/га.

Биологическую эффективность инсектицидов рассчитывали по формуле Хендерсона и Тилтона (1955), которая учитывает изменения численности имаго и личинок трипсов относительно исходной с поправкой на вариант без обработки:

$$\Xi = 100 \times \left(1 - \frac{O_n K_d}{O_d K_n}\right),$$

где O_d – количество живых особей перед обработкой; O_n – количество живых особей после обработки; K_d – количество живых особей в варианте без обработки в предварительном учете; K_n – количество живых особей в варианте без обработки в последующие учеты.

В 2021 г. в рамках экспериментальных исследований была осуществлена трехкратная обработка растений тепличного огурца следующими образцами токсикантов: концентрат эмульсии (КЭ) на основе абамектина, 18 г/л – 1,0 л/га и суспензионный концентрат (СК) с содержанием абамектина 18 г/л в сочетании с циантранилипролом, 60 г/л – 1,5 л/га.

Биологическая эффективность однокомпонентного препарата на 3-и, 7-е и 10-е сутки после первой обработки варьировала в пределах 78,2–84,7 % (рис. 1).

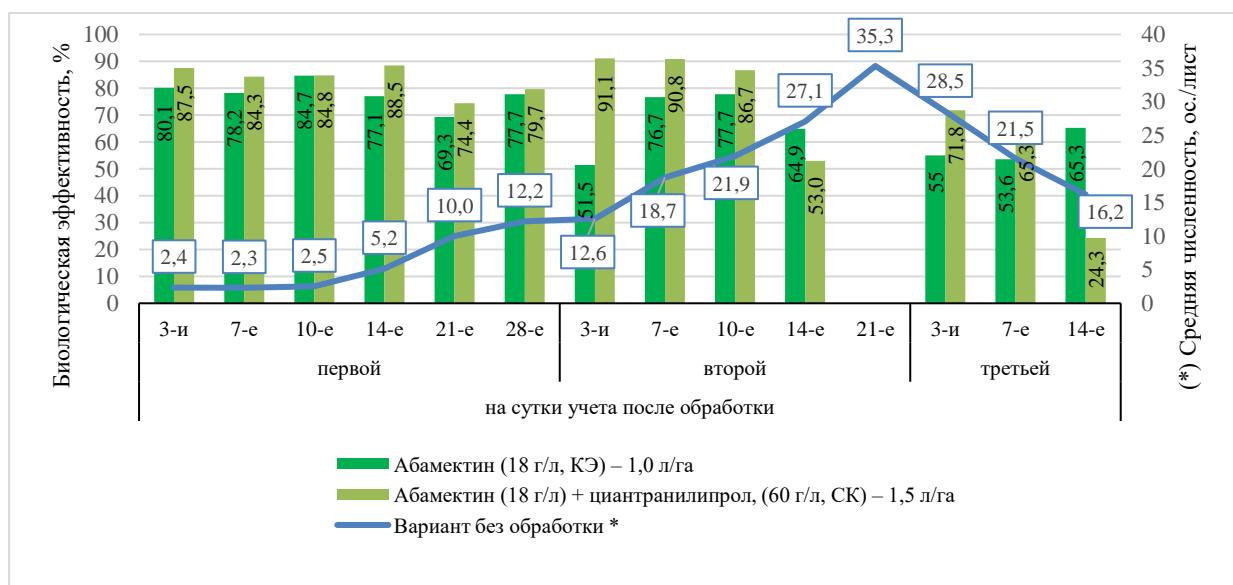


Рис. 1. Биологическая эффективность инсектицидов для контроля трипсов на огурце защищенного грунта (ОАО «Озеричский-Агро», Бьерн F_1 , 2021 г.)

Примечание: Первая обработка проведена 27.04.2021 г., вторая – 25.05.2021 г., третья – 15.06.2021 г.

Защитный эффект абамектина в сочетании с циантранилипролом в аналогичный период наблюдений в отношении имаго и личинок был выше и составил 84,3–87,5 %. Через 14 суток на фоне возобновления роста плотности популяций, характеризующегося меньшей интенсивностью относительно варианта без обработки, где средняя численность трипсов вплоть до учетов на 28-е сутки увеличивалась от 5,2 до 12,2 ос./лист, биологическая эффективность двухкомпонентного токсиканта (абамектин + циантранилипрол) продолжала оставаться на достаточно высоком уровне – 74,4–88,5 %, защитный эффект абамектина варьировал в пределах 69,3–77,7 %.

В дальнейшем возрастающий потенциал развития популяций на опытных участках с однократным использованием изучаемых инсектицидов стал предпосылкой для проведения повторной обработки. Биологическая эффективность абамектина на 3 сутки после двукратного опрыскивания растений составила 51,5 %, тогда как использование двухкомпонентного препарата способствовало усилению

защитного эффекта до 91,1 %. Гибель имаго и личинок под влиянием абамектина на 7-е и 10-е сутки составила 76,7 и 77,7 %, на делянках с применением двухкомпонентного препарата – 90,8 % и 86,7 % соответственно. Через 14 суток после двукратного опрыскивания растений в результате возобновления роста плотности популяций инсектицидная активность абамектина снизилась до 64,9 %, защитный эффект комбинации с циантранилипролом составил 53,0 %. Непрерывное развитие фитофагов в варианте без обработки при достижении пика численности 35,3 ос/лист на 21-е сутки привело к отсутствию токсического воздействия изучаемых инсектицидов на вредителя, что потребовало проведения третьей обработки практически по завершению периода выращивания огурца в зимневесеннем культурообороте. В результате трехкратной обработки, проведенной за 10 суток до планируемой ликвидации растений, наибольшая биологическая эффективность абамектина достигала 65,3 %, максимальный защитный эффект комбинации с циантранилипролом был выше и составил 71,8 % на фоне естественной гибели фитофагов в пределах опытного участка, обусловленной влиянием повышенных температур и снижением качества кормовой базы (рис. 1).

Установленная в результате исследований 2021 г. высокая биологическая эффективность и длительная активность токсикантов способствовала продолжению опытов относительно изучения влияния абамектина и циантранилипрола на динамику развития местных популяций растительноядных трипсов в посадках тепличного огурца. Таким образом, в рамках экспериментальных исследований в 2022 г. была проведена трехкратная обработка растений препаратами на основе абамектина (18 г/л, КЭ) в норме расхода – 1,0 л/га и циантранилипрола (100 г/л, СК) – 1,0 л/га, а также комбинированным инсектицидом с содержанием 18 г/л абамектина и 60 г/л циантранилипрола в дозировке 1,5 л/га.

На момент проведения предварительного учета численность имаго и личинок в популяциях растительноядных трипсов в пределах опытного участка варьировала от 2,3 до 14,7 экз/лист при характерных симптомах повреждения преимущественно на листьях верхнего яруса.

При наблюдениях на 3-и и 7-е сутки после однократной обработки наибольший показатель биологической эффективности был отмечен в вариантах с применением препаратов путем опрыскивания по листу. Так, биологическая эффективность абамектина (1,0 л/га) в анализируемый период учетов находилась на уровне 94,6–96,3 % (рис. 2).

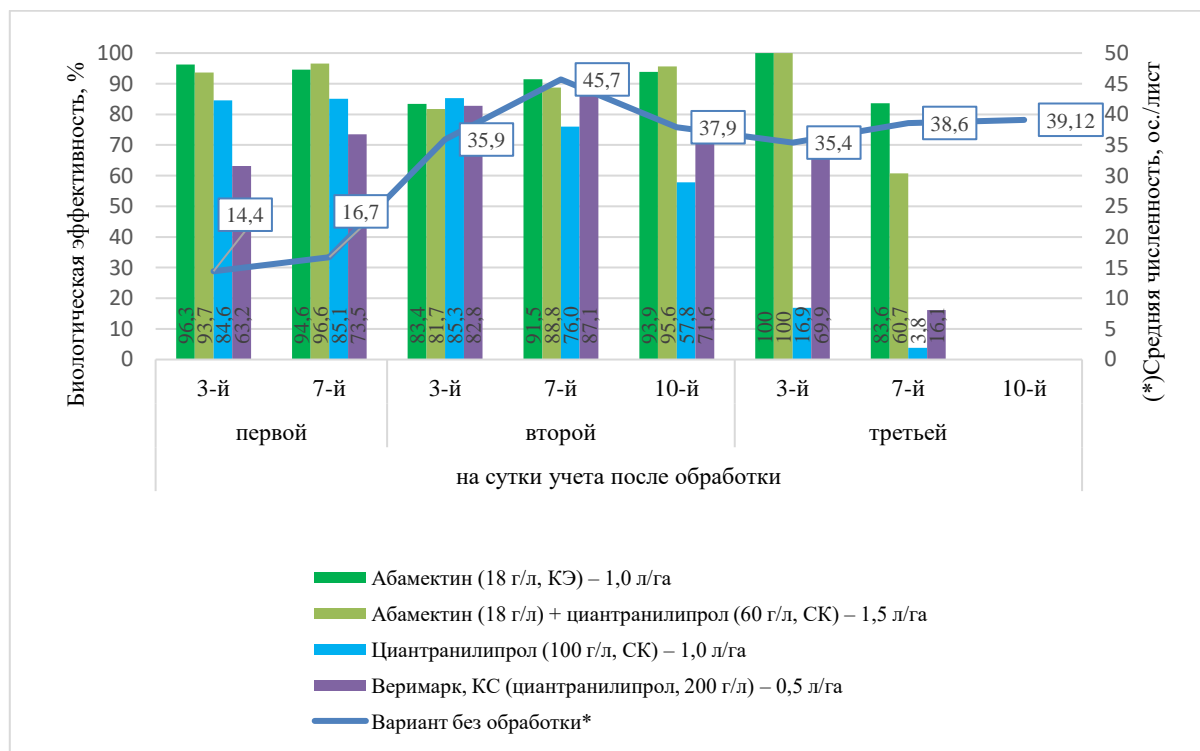


Рис. 2. Биологическая эффективность инсектицидов в контроле растительноядных трипсов на огурце защищенного грунта (ОАО «Озерикский-Агро», Бьерн F₁, 2022 г.)

Примечание: первая обработка проведена – 08.04.2022 г.; вторая – 15.04.2022 г.; третья – 25.04.2022 г.

Защитный эффект абамектина (18 г/л, КЭ) в сочетании с циантранилипролом (60 г/л, СК) в норме расхода 1,5 л/га на 3-и сутки составил 93,7 и 96,6 % при учетах через 7 суток после однократного

опрыскивания растений. В рассматриваемый период применение циантранилипрола (100 г/л, СК) в норме 1,0 л/га способствовало снижению численности имаго и личинок на 84,6 и 85,1 % соответственно. Биологическая эффективность препарата сравнения Веримарк, КЭ в результате однократного внесения по системе капельного орошения находилась в пределах 63,2 – 73,5 % соответственно на 3-и и 7-е сутки.

На фоне интенсивного развития популяций растительноядных трипсов в варианте без обработки (45,7 ос/лист) максимальный защитный эффект (87,1 %) в результате двукратного внесения инсектицида Веримарк, КЭ (0,5 л/га) отмечали на 7-е сутки учетов. Однако наиболее результативные показатели в анализируемый период наблюдений были получены при двукратном использовании абамектинсодержащих препаратов. Так, биологическая эффективность абамектина (1,0 л/га) в течение 10 суток после двукратного опрыскивания растений варьировала в пределах 83,4–93,9 %. Максимальный эффект от применения двухкомпонентного препарата с содержанием абамектина и циантранилипрола достигал 95,6 % в отношении имаго и личинок трипсов. Биологическая эффективность препаративной формы на основе циантранилипрола по мере увеличения плотности фитофагов на 3-и, 7-е и 10-е сутки составила 85,3 %, 76,0 % и 57,8 % соответственно.

В результате трехкратной обработки 100%-ная гибель фитофагов при учетах на 3-и сутки отмечена в вариантах с использованием абамектина (1,0 л/га) и двухкомпонентного суспензионного концентрата (СК), содержащего абамектин и циантранилипрол (1,5 л/га). На фоне интенсивного развития популяций растительноядных трипсов в агробиоценозе культуры биологическая эффективность препарата с содержанием 100 г/л циантранилипрола в норме расхода 1,0 л/га снизилась до 16,9 %. Активность инсектицида Веримарк, КЭ в анализируемый период была существенно выше и достигала 69,9 %. На 7-е сутки после трехкратной обработки биологическая эффективность абамектина (1,0 л/га) составила 83,6 %, защитный эффект комбинированного препарата (абамектин + циантранилипрол) снизился до 60,7 % относительно варианта без обработки, где средняя численность имаго и личинок на момент учетов достигала 38,6 ос/лист. Активность циантранилипролсодержащего препарата в норме расхода 1,0 л/га в анализируемый период снизилась до 3,8 %, а в варианте с трехкратным внесением инсектицида Веримарк, КЭ (0,5 л/га) показатель биологической эффективности не превышал 16,1 %.

Ввиду существенного увеличения средней численности имаго и личинок трипсов в варианте без обработки до 39,12 ос/лист, что в 8,2 раза выше исходного значения, и на фоне отмеченной общей тенденции увеличения плотности популяций в биоценозе культуры, при учете на 10-е сутки фиксировали отсутствие остаточного действия токсикантов.

Необходимо отметить, что полученная высокая биологическая эффективность всех изучаемых инсектицидов на фоне интенсивного развития популяций фитофагов может иметь важное хозяйственное значение при планировании защитных мероприятий, так как получение невысоких результатов от применения существующего на сегодняшний день ассортимента препаратов зачастую тесно сопряжено с трудностями своевременного обнаружения единичных имаго фитофагов на фоне их биологических особенностей развития в посадках тепличного огурца.

Заключение

На фоне интенсивного развития популяций растительноядных трипсов в посадках огурца защищенного грунта при достижении максимальной численности имаго и личинок 35,3 (2021 г.) и 45,7 (2022 г.) ос/лист в варианте без обработки в целом за два года исследований биологическая эффективность абамектина, (18 г/л, КЭ) – 1,0 л/га и двухкомпонентного токсиканта абамектин (18 г/л) + циантранилипрол (60 г/л, СК) – 1,5 л/га достигала до 100 %, на основе циантранилипрола (100 г/л, СК) – 1,0 л/га – 85,3 %

При достижении высокого защитного эффекта – 87,1 % против имаго и личинок трипсов несколько меньшим начальным диапазоном токсичности – 63,2–73,5 % характеризовался препарат Веримарк, СК при внесении через систему капельного полива.

Вместе с тем в зависимости от характера развития популяций установлены некоторые различия по продолжительности действия (до 10–14 суток) изучаемых инсектицидов в пользу токсикантов на основе абамектина и его комбинированной формы с циантранилипролом. Отмеченная кратковременность воздействия препарата Веримарк, СК (циантранилипрол, 200 г/л) и циантранилипрола (100 г/л, СК) на фоне интенсивного развития популяций трипсов при достижении численности имаго и личинок до 45,7 ос/лист для получения более стабильного эффекта в сложившейся энтомологической ситуации обуславливает необходимость сокращения интервалов между обработками менее 7 суток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Capinera, John L. Handbook of vegetable Pests: second edition / John L. Capinera. – India: Elsevier Inc., 2020. – 797 S.
2. Thrips biology and management: in 276 vol. / ed.: B. L. Parker, M. Skinner, T. Lewis. – NATO ASI Series, 1993. – Series A: Life Sciences Vol. 276. – 636 p.
3. Агасонова Н. Е. Использование инсектицидов, актиномицетных метаболитов, энтомопатогенных нематод и ориуса в защите огурца от западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis* P. // Агрехимия. – 2017. – №8. – С. 68–76.
4. Великань В. С., Доброхотов С. А. Использование хищных клещей рода *Amblyseius* против трипсов в теплицах Северо-Западной России // Вестник защиты растений. – 2005. – № 2. – С. 37–44.
5. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь: справочное издание / Гл. гос. инсп. по семеноводству, карантину и защите растений; сост.: А. В. Пискун [и др.]. – Минск, 2020. – 742 с.
6. Доброхотов С. А. Совершенствование методов разведения и применения хищных клещей из рода *Amblyseius* для борьбы с трипсами в теплицах: автореф. дис. Доброхотова С. И. канд. с-х. наук: 06.01.11; Россельхозцентр по Ленинградской обл. – Санкт-Петербург, 2008. – 20 с.
7. Дядечко Н. П. Трипсы или бахромчатокрылые насекомые (*Thysanoptera*) Европейской части СССР. – Киев: Украинский науч.-исслед. инст. защ. раст., 1964. – 381 с.
8. Кажарский В. Р., Прищепя И. А. Эффективность совместного применения поверхностно-активных веществ (ПАВ) с инсектицидами на культуре огурца защищенного грунта // Вест. Бел. гос. с.х. академии. – 2014. – № 2. – С. 99–105.
9. Клишина, И. С. Фитосанитарное обоснование контроля карантинных видов трипсов в теплицах северо-запада России: автореф. дис. Клишиной И. С. канд. биол. наук: 06.01.11; Всероссийский науч.-исслед. ин-т. защ. раст. – Санкт-Петербург, 2009. – 20 с.
10. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов, радентицидов и феромонов в сельском хозяйстве / РУП «Институт защиты растений»; под ред. Л. И. Трепашко. – Несвиж, 2009. – 320 с.
11. Поздняков С. А. Биология, вредоносность и совершенствование мер борьбы против комплекса трипсов в защищенном грунте: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук: 06.01.11; Рос. гос. аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. – Москва, 2008. – 17 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОФУНГИЦИДА И МИКРОУДОБРЕНИЯ НА КАРТОФЕЛЕ

Т. М. ДАЙНЕКО, Н. А. БЛИЗНЮК

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220012, e-mail: blizniuk79@mail.ru

(Поступила в редакцию 21.02.2024)

В настоящее время наряду с повышением урожайности большое внимание уделяется улучшению качества сельскохозяйственной продукции. Одним из путей получения высококачественной продукции растениеводства является применение микроудобрений, способствующих сбалансированному питанию растений, и использование биопестицидов.

В течение 2021–2023 гг. на дерново-подзолистой связносупесчаной почве среднего уровня плодородия в Центральной части Беларуси проведены исследования по изучению влияния однократного внесения в фазу бутонизации – начала цветения биофунгицида Серебромедин и микроудобрения Наноплант на продуктивность районированных сортов картофеля Лилея и Эволюшен. Применение биофунгицида Серебромедин на минеральном фоне $N_{100}P_{50}K_{90}$ способствовало увеличению урожайности картофеля сорта Лилея на 2,2 т/га или 12,8 %, сорта Эволюшен – на 2,4 т/га или 14,2 % по сравнению с фоном, товарности урожая – соответственно на 7,6 и 8,4 %. При этом его действие на устойчивость к болезням и урожайность картофеля находилось на уровне стандартного фунгицида Ордан, СП, за исключением умеренно влажного 2022 года на сорте Лилея.

Использование микроудобрения Наноплант было наиболее эффективно на сорте Эволюшен: в среднем за три года продуктивность картофеля была на 10,7 % выше, по сравнению с фоном. На сорте Лилея достоверная прибавка от его применения (1,4 т/га) получена лишь в условиях засушливого 2023 года, в более влажные 2021–2022 гг. микроудобрение способствовало удлинению вегетационного периода картофеля. В производственных условиях при применении микроудобрения Наноплант на картофеле сорта Лилея рекомендуется проводить уборку при наступлении признаков физиологической спелости (подсыхание ботвы).

Ключевые слова: картофель, биофунгицид, микроудобрение, дерново-подзолистая почва, урожай.

Currently, along with increasing productivity, much attention is paid to improving the quality of agricultural products. One of the ways to obtain high-quality crop products is the use of microfertilizers that promote balanced plant nutrition and the use of biopesticides.

During 2021–2023, on soddy-podzolic cohesive sandy loam soil of average fertility level in the central part of Belarus, studies were carried out into the effect of a single application, in the phase budding – the beginning of flowering, of the Serebromedin biofungicide and Nanoplant microfertilizers on the productivity of zoned potato varieties Lileya and Evolution. The use of the biofungicide Serebromedin on the mineral background of $N_{100}P_{50}K_{90}$ contributed to an increase in the yield of potatoes of the Lileya variety by 2.2 t/ha, or 12.8 %, of the Evolution variety – by 2.4 t/ha, or 14.2 % compared to the background, and the marketability of the crop – by 7.6 and 8.4 %, respectively. At the same time, its effect on disease resistance and potato yield was at the level of the standard fungicide Ordan, wettable powder, with the exception of the moderately wet year 2022 on the Lileya variety.

The use of Nanoplant microfertilizer was most effective on the Evolution variety: on average, over three years, potato productivity was 10.7 % higher compared to the background. On the Lileya variety, a significant increase from its use (1.4 t/ha) was obtained only in dry conditions in 2023, and in wetter years 2021–2022 microfertilizer contributed to lengthening the growing season of potatoes. In production conditions, when using Nanoplant microfertilizer on Lileya potatoes, it is recommended to carry out harvesting when signs of physiological ripeness occur (drying of the tops).

Key words: potatoes, biofungicide, microfertilizer, soddy-podzolic soil, harvest.

Введение

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве большое внимание уделяется не только повышению урожайности сельскохозяйственных культур, но и получению высококачественной продукции растениеводства. Общеизвестно, что качество продукции ухудшает несбалансированное внесение минеральных удобрений, в частности, необоснованно высоких доз азота, а также нарушение технологии применения химических средств защиты растений [1].

Одним из направлений решения данной проблемы является совершенствование форм минеральных удобрений. Микроудобрения – это минеральные удобрения, содержащие микроэлементы, необходимые для жизнедеятельности растений. Микроэлементы регулируют все процессы, протекающие в организме растения, способствуют сбалансированному питанию растений, а значит, и высокому качеству получаемой продукции [2, 3]. Кроме того, применение микроэлементов, особенно в виде наноудобрений, повышает иммунитет растений, что ведет к снижению использования пестицидов, а это в свою очередь положительно отражается на качестве продукции [4, 5].

В системе защиты растений экологически чистую продукцию можно получить путем внедрения органического земледелия, запрещающего использование пестицидов в борьбе с сорняками, вредителями и возбудителями болезней, а также методом биологизации системы защиты растений, в частности, использованием биопестицидов [6, 7].

Цель исследований – установить влияние биофунгицида Серебромедин и микроудобрения Нано-плант на продуктивность картофеля сортов Лилея и Эволюшен на дерново-подзолистой связносу-песчаной почве в Центральной части Беларуси.

Основная часть

Исследования проводились в течение 2021–2023 гг. на дерново-подзолистой связносу-песчаной почве, характеризующейся средним уровнем плодородия, в условиях мелкоделяночного полевого опыта. Схема опыта включала четыре варианта: 1. N₁₀₀P₅₀K₉₀ – фон; 2. Фон + Серебромедин; 3. Фон + Ордан; 4. Фон + Наноплант. Повторность опыта четырехкратная, размещение вариантов рендомизи-рованное.

Объектом исследований выступали районированные для выращивания в Центральной части Бела-руси сорта картофеля: Лилея – раннеспелый сорт белорусской селекции и Эволюшен – среднеранний сорт голландской селекции. Возделывание картофеля осуществлялось в соответствии с отраслевым регламентом. Азотные удобрения вносились в виде мочевины, фосфорные – в виде аммонизирован-ного суперфосфата, калийные – калия хлористого. Предшественником картофеля являлась озимая рожь + рапс промежуточно на зеленое удобрение.

Годы исследований различались по приходу тепла и количеству осадков. Вегетационный период 2021 года характеризовался как слабо засушливый (гидротермический коэффициент, ГТК = 1,36), 2022 – как умеренно влажный (ГТК = 1,53), 2023 – как засушливый (ГТК = 0,93).

Биофунгицид Серебромедин (Россия) – препарат, содержащий в своем составе наночастицы меди и серебра, обладающие антибактериальным и антимикотическим действием. Эффективность Сереброме-дина доказана в отношении грибковых, вирусных и бактериальных болезней растений. Кроме того, на-ночастицы серебра способствуют равномерному всасыванию и распределению фосфора, серы, железа, магния и цинка. Поэтому Серебромедин является инновационным средством защиты и подкормки рас-тений. С целью сравнения действия биофунгицида на устойчивость картофеля к фитофторозу и альтерна-риозу использовался стандартный фунгицид Ордан, СП (ЗАО Фирма «Август», Россия).

Микроудобрение Наноплант (Беларусь) представляет собой жидкий концентрат водных коллоид-ных растворов на основе наночастиц растворимых соединений кобальта, марганца, меди, железа, цинка, хрома, молибдена и селена. Оно способствует увеличению активности ферментов, отвечаю-щих за стимулирование роста и развития растений, укрепление иммунной системы, что в свою оче-редь повышает урожайность сельскохозяйственных культур и повышает их устойчивость к болезням.

Обработка растений картофеля биофунгицидом Серебромедин (80 мл/1 л воды), фунгицидом Ор-дан (25 г/4 л воды) и микроудобрением Наноплант (1 мл/1 л воды) осуществлялась однократно в фазу бутонизации – начала цветения вручную, с помощью ранцевого опрыскивателя. В течение вегетации проводили фенологические наблюдения согласно общепринятой методике для картофеля [8]. Учет урожая проводили сплошным поделяночным методом с определением его структуры путем взвешивания клубней по фракциям. Товарность определяли весом всех клубней свыше 40 мм, выраженным в процентах от общего урожая [9].

В результате анализа данных фоновых вариантов установлено, что урожайность сортов Лилея и Эволюшен по годам исследований достоверно не различалась (табл. 1). Наименее благоприятным для выращивания картофеля оказался засушливый 2023 год, когда урожайность составила 15 т/га.

Таблица 1. Урожайность сортов картофеля в зависимости от применения биофунгицида и микроудобрения

Вариант опыта	Урожайность, т/га				Прибавка урожая к фону	
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее	т/га	%
Лилея						
1. N ₁₀₀ P ₅₀ K ₉₀ – фон	18,5	18,0	15,0	17,2	–	–
2. Фон + Серебромедин	21,4	18,8	18,0	19,4	2,2	12,8
3. Фон + Ордан	21,0	23,0	16,8	20,3	3,1	18,0
4. Фон + Наноплант	17,9	17,7	16,4	17,3	0,1	0,6
Эволюшен						
1. N ₁₀₀ P ₅₀ K ₉₀ – фон	17,3	18,3	15,0	16,9	–	–
2. Фон + Серебромедин	20,7	19,4	17,7	19,3	2,4	14,2
3. Фон + Ордан	19,3	20,6	16,1	18,7	1,8	10,7
4. Фон + Наноплант	18,7	20,8	16,7	18,7	1,8	10,7
НСР ₀₅	2,1	1,8	1,3	1,6	–	–

При практически одинаковой товарности урожая в среднем за три года (73,4 и 73,3 %), по годам исследований у сортов наблюдались различия (табл. 2). Сорт Эволюшен по сравнению с сортом Ли-

лея характеризовался выходом большего количества крупных клубней в 2021 и, особенно, в 2023 году, когда общее число клубней под кустом было небольшим, но среди них преобладали крупные.

На действие фунгицидных препаратов и микроудобрения оказали влияние погодные условия вегетационных периодов 2021–2023 гг.

В среднем за три года исследований Серебромедин оказал положительное влияние на снижение фитоинфекции растений картофеля и, в конечном итоге, на урожайность клубней. Прибавка урожая к фону от использования биофунгицида у сорта Лилея составила 2,2 т/га, или 12,8 %, у сорта Эволюшен – 2,4 т/га, или 14,2 %.

В условиях слабозасушливого 2021 года, при среднем поражении растений фитофторозом, действие биофунгицида Серебромедин на степень повреждения ботвы болезнью находилось на уровне стандартного фунгицида Ордан, СП. Использование препаратов увеличивало товарность урожая картофеля: от применения Ордан, СП на сорте Эволюшен в 1,1 раза, на сорте Лилея – в 1,3 раза; биофунгицида Серебромедин – соответственно в 1,2 и 1,4 раза.

Таблица 2. Товарность урожая сортов картофеля Лилея и Эволюшен

Вариант опыта	Товарность, %				Крупные клубни более 60 мм, %			
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее
Лилея								
1. N ₁₀₀ P ₅₀ K ₉₀ – фон	52,5	67,9	69,8	73,4	49,1	31,6	29,0	36,6
2. Фон + Серебромедин	75,8	73,5	87,6	79,0	37,1	30,8	65,7	44,5
3. Фон + Ордан	70,3	82,4	79,1	77,3	31,4	45,8	65,2	47,5
4. Фон + Наноплант	80,0	76,8	84,2	80,3	41,0	27,7	52,3	40,3
Эволюшен								
1. N ₁₀₀ P ₅₀ K ₉₀ – фон	67,8	59,6	92,5	73,3	52,1	19,5	70,5	47,4
2. Фон + Серебромедин	81,2	69,6	88,1	79,6	49,3	34,8	65,9	50,0
3. Фон + Ордан	78,4	71,7	94,2	81,4	42,5	30,4	70,8	47,9
4. Фон + Наноплант	57,7	79,1	93,0	76,6	18,8	36,1	58,8	37,9

В условиях умеренно влажного 2022 года с температурой воздуха в июне–июле и начале августа выше нормы, наибольший эффект от применения защитных мероприятий наблюдался в варианте с использованием фунгицида Ордан, СП: прибавка урожая к фону у сорта Лилея составила 5 т/га, у сорта Эволюшен – 2,3 т/га. Урожайность картофеля в варианте с применением биопестицида Серебромедин у обоих сортов была на уровне фона, но при этом количество крупных клубней у сорта Эволюшен было в 1,1 раза выше, чем в варианте с фунгицидом Ордан и в 1,8 раза – по сравнению с фоном.

Недостаток влаги в июне – июле и начале августа 2023 года при температуре воздуха, превышающей среднюю многолетнюю в июне – на 5,6 °С, в июле – на 3,5 и в августе – на 7,2 °С, сказался не только на величине урожая картофеля, но и на эффективности защитных препаратов. Сорт Эволюшен, который показал большую устойчивость к фитофторозу и альтернариозу по сравнению с сортом Лилея, обеспечил меньшую прибавку урожая от применения фунгицида Ордан, СП: 1,1 т/га против 1,8 т/га у сорта Лилея. Действие биофунгицида Серебромедин на продуктивность картофеля вследствие его химического состава было более эффективно, чем фунгицида Ордан, СП, и имело тенденцию к увеличению в посадках сорта Лилея: прибавка урожая сорта Лилея составила 3 т/га, сорта Эволюшен – 2,7 т/га.

Внесение микроудобрения Наноплант на картофеле сорта Лилея было эффективно только в засушливом 2023 году: прибавка урожая относительно фона составила 1,4 т/га. Уборка урожая в 2023 году проходила значительно позже обычного – в конце сентября, так как после выпадения осадков во второй половине августа наступил активный рост растений. В условиях слабозасушливого 2021 и умеренно влажного 2022 годов многокомпонентное микроудобрение активизировало рост и развитие растений, что способствовало удлинению вегетационного периода картофеля: ботва в момент уборки была зеленая, клубни прикреплены к столонам, пораженность болезнями слабая.

Применение микроудобрения Наноплант на картофеле сорта Эволюшен или имело тенденцию к росту урожайности (2021 г.), или достоверно увеличивало его относительно фона: на 2,5 т/га в 2022 году и на 1,7 т/га – в 2023.

Заключение

В среднем за три года исследований однократное применение биофунгицида Серебромедин на фоне N₁₀₀P₅₀K₉₀ способствовало увеличению урожайности картофеля сорта Лилея по сравнению с фоном на 2,2 т/га, или 12,8 %, сорта Эволюшен – на 2,4 т/га, или 14,2 %, товарности урожая соответственно на 7,6 и 8,4 %. При этом его действие на устойчивость к болезням и урожайность картофеля находилось на уровне стандартного фунгицида Ордан, СП и только в условиях умеренно влажного

2022 года с повышенной температурой воздуха июня – августа существенно уступало ему на сорте Лилея.

Однократное применение микроудобрения Наноплант в фазу бутонизации – начала цветения картофеля на почве легкого гранулометрического состава среднего уровня плодородия в Центральной части Беларуси было наиболее эффективным на сорте Эволюшен: в среднем за три года продуктивность картофеля составила 18,7 т/га, что на 10,7 % выше по сравнению с фоном. На сорте Лилея достоверная прибавка от его применения (1,4 т/га) получена лишь в условиях засушливого (2023) года, в более влажные (2021–2022) годы микроудобрение способствовало удлинению вегетационного периода картофеля, что приводило к увеличению количества клубней средней и мелкой фракций.

При применении микроудобрения Наноплант на картофеле сорта Лилея рекомендуется проводить уборку при наступлении признаков физиологической спелости (подсыхание ботвы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Система применения удобрений: учебное пособие / В. В. Лапа и др.; под науч. ред. В. В. Лапы. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 416 с.
2. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш и др. – Минск: Беларус. Навука, 2011. – 293 с.
3. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность и качество клубней картофеля / Е. Л. Ионас и др. // Вестник БГСХА. – 2023. – №2. – С. 60–63.
4. Влияние наноудобрения Наноплант Со, Мп, Си, Fe на продуктивность растений картофеля в условиях аэропоники / З. Л. Семенова и др. // Картофелеводство: сб. науч. тр./ Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) и др. – Минск, 2016. – Т. 24. – С. 376–382.
5. Влияние некорневых подкормок нано- и микроудобрениями на количественный выход клубней в первом клубневом поколении / В. В. Анципович и др. // Картофелеводство: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и овощеводству; редкол.: В. Л. Маханько (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Т.28. – С. 146–153.
6. Булдаков, С. А. Опыт использования биопрепаратов для внедрения в органическое картофелеводство / С. А. Булдаков, Л. П. Плеханова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 5. – С. 105–108.
7. Удалова Е. Ю., Гордеева А. В. Особенности внесения биопрепаратов на картофеле // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». – 2017. – Т.3. – №2. – С. 53–57.
8. Методика исследований по культуре картофеля. – Москва: ВНИИКХ, 1967. – 264 с.
9. Методические рекомендации, по специализированной оценке, сортов картофеля / С. А. Бандысев и др. – Минск, 2003.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЗЕРНОФУРАЖА ВИКИ ПОСЕВНОЙ В БИНАРНЫХ ПОСЕВАХ

Н. П. ЛУКАШЕВИЧ, И. В. КОВАЛЁВА, Т. М. ШЛОМА

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

И. М. КОВАЛЬ

ГУ «Витебская областная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений»,
г. Витебск, Республика Беларусь, 210015, e-mail: kortoproiz@vsavm.by

(Поступила в редакцию 26.02.2024)

Почвенно-климатические условия Республики Беларусь определяют подбор сельскохозяйственных культур, возделываемых для обеспечения полноценными растительными кормами при производстве молока и говядины. Основным источником растительного белка для приготовления концентрированных кормов являются семена бобовых культур. Содержание сырого белка в семенах вики посевной составляет не менее 30 %, однако растение этой культуры формирует тонкий, полегающий, цепляющийся стебель, что снижает технологичность посева при возделывании в чистом виде.

Изучение совместных посевов двух сортов вики посевной с различными опорными кормовыми культурами позволило выявить, что максимальная урожайность зернофуража (39,1–42,9 ц/га) была с яровым тритикале. Сбор сырого белка с урожаем зерна в опыте колебался от 6,1 до 8,3 ц/га. Перспективным направлением по сбору растительного белка с урожаем семян является возделывание вики посевной с яровым рапсом, где он составил 7,4–7,7 ц/га. Максимальная урожайность зернофуража (39,1–42,9 ц/га) сформировалась при совместном посеве вики посевной с яровым тритикале. Сбор сырого белка с урожаем зерна в опыте в зависимости от варианта колебался от 6,1 до 8,3 ц/га. По выходу растительного белка с урожаем семян преимущество имели посевы при возделывании вики посевной с рапсом яровым (7,4–7,7 ц/га). Наибольший выход молока и живой массы молодняка крупного рогатого скота обеспечили совместные посевы вики посевной с опорным растением тритикале яровое, которые характеризовались максимальным сбором энергетических кормовых единиц с урожаем зернофуража (4557–5019 ЭКЕ/га).

Максимальный показатель по выручке денежной массы от продажи молока и выходу живой массы молодняка крупного рогатого скота был при использовании зернофуража, полученного при посеве вико-тритикалевой смеси и составил 4141 бел. руб./га 4069 бел. руб./га, соответственно.

Ключевые слова: *вика посевная, урожайность, зернофураж, сырой белок, ЭКЕ, выход молока, выход живой массы молодняка крупного рогатого скота.*

The soil and climatic conditions of the Republic of Belarus determine the selection of agricultural crops cultivated to provide complete plant feed for the production of milk and beef. The main source of vegetable protein for preparing concentrated feed is legume seeds. The content of crude protein in the seeds of vetch is at least 30 %, however, the plant of this crop forms a thin, lodging, clinging stem, which reduces the manufacturability of sowing when cultivated in its pure form.

The study of joint crops of two varieties of common vetch with various supporting forage crops revealed that the maximum yield of grain fodder (3.91–4.29 t/ha) was with spring triticale. The collection of crude protein with grain yield in the experiment ranged from 0.61 to 0.83 t/ha. A promising direction for collecting plant protein with a seed harvest is the cultivation of vetch with spring rape, where it amounted to 0.74–0.77 t/ha. The maximum yield of grain fodder (3.91–4.29 t/ha) was formed when vetch was sown together with spring triticale. The collection of crude protein with grain yield in the experiment, depending on the option, ranged from 0.61 to 0.83 t/ha. In terms of the yield of vegetable protein with seed yield, crops had an advantage when vetch was cultivated with spring rape (0.74–0.77 t/ha). The highest yield of milk and live weight of young cattle was ensured by joint crops of vetch with the support plant of spring triticale, which were characterized by the maximum collection of energy feed units (EFU) with the grain fodder yield (4557–5019 EFU/ha).

The maximum indicator for monetary revenue from the sale of milk and the yield of live weight of young cattle was when using grain fodder obtained by sowing the vetch-triticale mixture and amounted to 4141 Belarusian ruble/ha and 4069 Belarusian ruble/ha, respectively.

Key words: *vetch, yield, grain fodder, crude protein, energy fodder units, milk yield, live weight yield of young cattle.*

Введение

В Республике Беларусь ведущими отраслями в сельскохозяйственном производстве являются растениеводство и животноводство. Экономическая эффективность производства сельскохозяйственной продукции является одним из главных показателей в развитии сельского хозяйства Республики Беларусь и определяет его конкурентоспособность. Основным источником денежных средств во многих сельскохозяйственных предприятиях является животноводство. Однако результативность его деятельности в большой степени зависит от производства кормов в полной потребности. Это может быть достигнуто в том числе и за счет подбора возделываемых сельскохозяйственных культур. Пути совершенствования кормовой базы определяются возможностями возделывания кормовых культур в конкретных почвенно-климатических условиях и их потенциальной реализацией в качестве корма в

скотоводстве при производстве молока и мяса. С целью обоснования экономической целесообразности производства сельскохозяйственной продукции учеными использовались различные методические подходы. Одним из методов, отражающих эффективность возделывания кормовых культур, является сравнительная оценка выхода энергетических кормовых единиц урожая зернофуража с выходом произведенной продукции в виде молока и говядины.

Актуальным вопросом в настоящее время в кормопроизводстве остается нерешенная проблема недостатка белка собственного производства для комплектования полноценных рационов животных. Анализ источников литературы показал, что посе́вы кормовых культур семейства мятликовых в полной мере обеспечивают рационы животных углеводами и частично белком. Однако, недостаток белка собственного производства в кормопроизводстве нашей страны, по различным оценкам, составляет 15–20 % от общей потребности в нем. Дефицит кормового белка может быть ликвидирован за счет повышения продуктивности однолетних и многолетних высокобелковых кормовых культур [1, 2].

Основным источником растительного белка для приготовления концентрированных кормов являются семена бобовых культур. Среди возделываемых культур на зернофураж доминирующее положение по посевным площадям в Республике Беларусь занимают горох посевной и полевой, люпин узколистный и вика посевная. Они относятся к культурам длинного дня, что соответствует климатическим условиям Республики Беларусь [3, 4, 5]. Следует отметить, что возделывание бобовых культур не требует внесения больших доз азотных минеральных удобрений, так как азотное питание у растений этого семейства складывается как за счет внесения минеральных и органических удобрений, так и за счет симбиотического, производимого клубеньковыми бактериями, поселяющихся на корнях растения, деятельность которых зависит и от выполнения всех требований, изложенных в технологических регламентах Республики Беларусь [6]. Доказано, что на качество корма влияет не только общее содержание сырого белка, но и его аминокислотный состав. Известно, что в семенах бобовых культур содержание лизина выше, чем у мятликовых, а по содержанию триптофана наоборот, поэтому для полноценного корма целесообразно высевать культуры различных семейств [7, 8]. В зерне вики посевной содержание сырого белка составляет 32 %, что на 10 % больше, чем у гороха. Современные сорта вики, используемые на зернофуражные цели, позволяют обеспечить сбор растительного белка более 0,5 т/га [9].

Целью наших исследований являлась оценка высокобелковой культуры вики посевной в смеси с опорными культурами по продуктивности зернофуража и экономической эффективности его использования при производстве молока и живой массы молодняка крупного рогатого скота.

Основная часть

Экспериментальные данные получены при посеве зернофуражных смесей на дерново-подзолистой среднесуглинистой, подстилаемой с глубины 1 м моренным суглинком почве, которая характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 2,1–2,3; подвижного фосфора – 204–226 и обменного калия – 246–270 мг/кг почвы. Объектом исследований являлись посе́вы вики посевной двух сортов Мила и Удача, а в качестве опорной культуры: горчица белая, рапс яровой, тритикале яровая. Закладка полевых опытов, учеты и наблюдения были проведены в соответствии с методикой, изложенной Б. А. Доспеховым [10], и согласно регламенту по возделыванию вики посевной [6]. Схема опыта представлена в табл. 1. Посев проводился в начале физической спелости почвы сплошным рядовым способом. Урожайность зерна учитывали методом сплошного обмолота растений с делянки. Биохимические анализы проведены в НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии УО ВГАВМ.

Себестоимость продукции животноводства определяется уровнем затрат при возделывании кормовых культур и их энергетической полноценностью, согласно зоотехническим нормам для различного вида животных. Для дойного стада в рацион включены корма, обеспечивающие концентрацию обменной энергии с учетом годового удоя. В расчетах использовали данные по расходу кормов, где годовой удой на корову составляет 8000 кг молока, при этом концентрация кормов в структуре рациона – 0,92 ЭКЕ в 1 кг сухого вещества. При выращивании молодняка крупного рогатого скота на 1 кг живой массы расход энергии по нормативным данным должен быть 8 ЭКЕ. Реализационная цена за 1 кг молока экстра – 1,1 бел. руб., молодняка в живом весе – 6,8 бел. руб./кг.

Математическая обработка экспериментальных данных проведена на компьютерных программах в зависимости от методики исследований.

Растение вики посевной формирует тонкий, лежащий, цепляющийся стебель с характерным ветвлением, высота которого может достигать 1,5 м. При полегании посевов этой культуры снижается урожайность семян, как за счет формирования генеративной сферы растений, так и от потери во

время уборки полегшего стеблестоя. Изучение двух сортов вики посевной в совместных посевах с различными опорными кормовыми культурами позволило выявить, что максимальная урожайность зернофуража (39,1–42,9 ц/га) была с яровой тритикале. Сбор сырого белка с урожаем зерна в опыте в зависимости от варианта колебался от 6,1 до 8,3 ц/га. Следует отметить, что наименьшим этот показатель был при посеве с горчицей белой, так как семена горчицы не используются в качестве корма. Перспективным направлением по выходу растительного белка с урожаем семян является возделывание вики посевной с рапсом яровым, где выход сырого белка составил 7,4–7,7 ц/га.

Урожайность зернофуража и сбор сырого белка при различных способах посева вики посевной

Вариант	Урожайность зернофуража, ц/га	Сбор сырого белка, ц/га	Обеспеченность ЭКЕ сырым белком, г
Вика посевная (Мила)	23,1	6,9	279
Вика посевная (Удача)	24,5	7,2	280
Вика посевная (Мила) + тритикале яровое	42,9	8,3	198
Вика посевная (Удача) + тритикале яровое	39,1	7,6	197
Вика посевная (Мила) + рапс яровой	27,5	7,4	273
Вика посевная (Удача) + рапс яровой	29,8	7,7	275
Вика посевная (Мила) + горчица белая	26,8	6,3	277
Вика посевная (Удача) + горчица белая	28,4	6,1	281

НСР_{0,5}

1,8

Обеспеченность 1 ЭКЕ сырым белком в зависимости от варианта опыта колебалась от 197 граммов до 281 г/ЭКЕ.

Нами была проведена оценка величины сбора зернофуражного сырья при использовании его на производство молока и живой массы крупного рогатого скота. Анализ полученных нами результатов исследования выявил, что за счет содержания в зерне тритикале высокоэнергетических углеводов посевы вики яровой с опорным растением тритикале яровой характеризовались максимальным сбором энергетических кормовых единиц с урожаем зернофуража (4557–5019 ЭКЕ/га). Полученный объем производства молока от продуктивности 1 га посевов высоко урожайной вико-тритикалевой смеси составил 4107–4517 кг/га, а масса молодняка крупного рогатого скота – 569,6–627,4 кг/га, в соответствии с нормированной обеспеченностью сырым белком одной энергетической кормовой единицы согласно зоотехническим требованиям (рис. 1, 2).

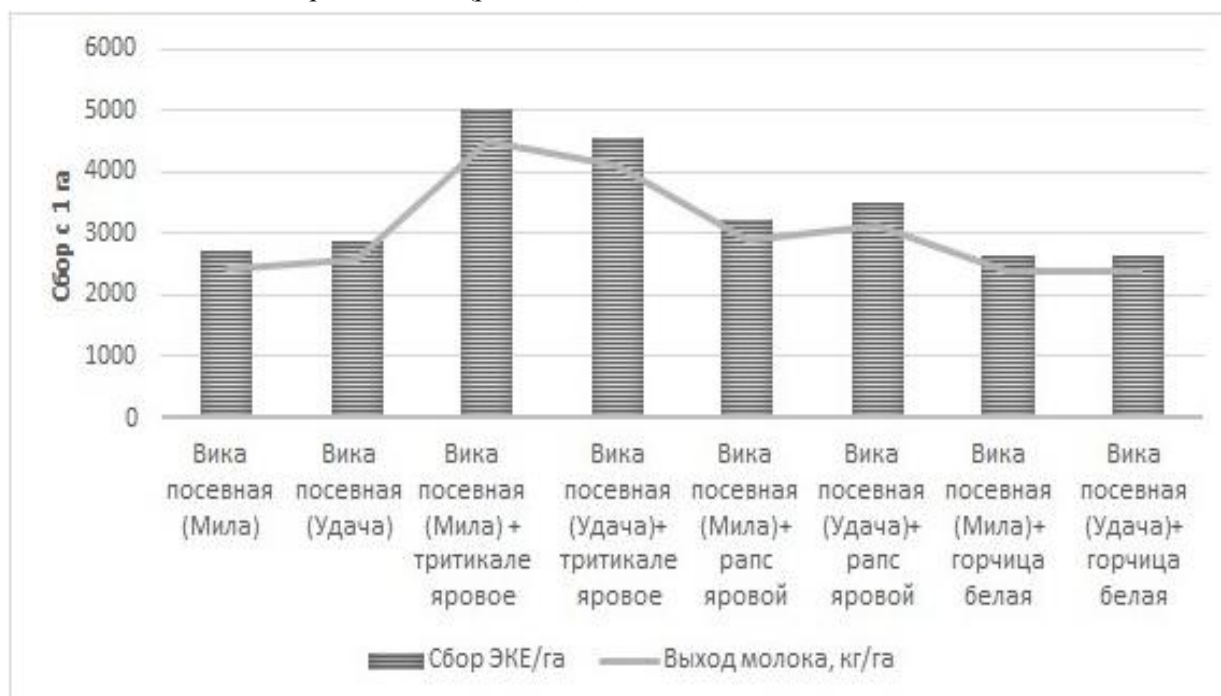


Рис. 1. Объем производства молока в зависимости от продуктивности посевов зернофуражных культур

При посеве обоих сортов вики посевной в чистом виде и в смесях с опорным растением из семейства капустные выход ЭКЕ с урожаем зерна удой молока находился в пределах 2373–3137 кг с 1 гектара, а для прироста молодняка крупного рогатого скота – 329,2–435,7 кг/га. Наиболее продуктивными по этому показателю являются посевы вики с рапсом.

Перспективность возделывания вики посевной в чистом виде и с опорным растением из семейства капустные заключается в том, что по обеспеченности 1 ЭКЕ сырым белком их необходимо использовать в качестве белкового компонента в рационах животных.

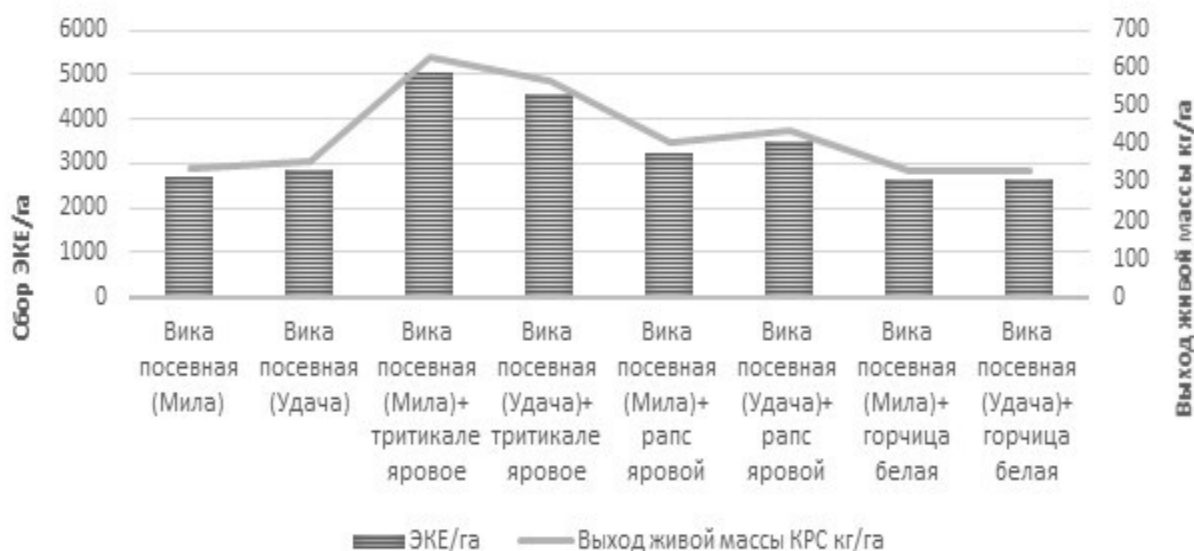


Рис. 2. Выход живой массы молодняка крупного рогатого скота в зависимости от продуктивности посевов зернофуражных культур

При денежной оценке объема животноводческой продукции, полученной от скармливания крупному рогатому скоту при производстве молока и выходе живой массы молодняка крупного рогатого скота, выручка от продажи была минимальной при совместном посеве вики яровой с опорным растением горчицей белой и составила 2610 бел. руб/га и 2175 бел. руб/га соответственно (рис. 3).

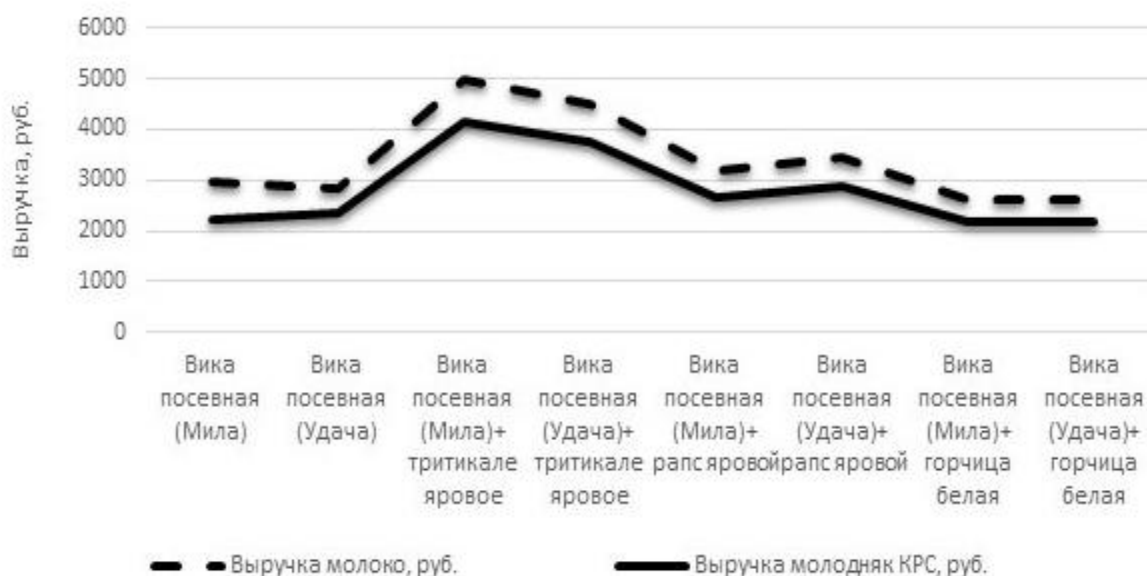


Рис. 3. Эффективность производства молока и выхода живой массы молодняка крупного рогатого скота в зависимости от продуктивности посевов зернофуражных культур

Наибольшим этот показатель отмечен при использовании зернофуража, полученного при посеве вико-тритикалевой смеси как для производства молока, так по выходу живой массы молодняка крупного рогатого скота и составил 4069 бел. руб/га и 4141 бел. руб/га соответственно.

Заключение

Максимальная урожайность зернофуража (39,1–42,9 ц/га) сформировалась при совместном посеве вики посевной с яровой тритикале. Сбор сырого белка с урожаем зерна в опыте в зависимости от варианта колебался от 6,1 до 8,3 ц/га. По выходу растительного белка с урожаем семян преимущество имели посевы при возделывании вики посевной с рапсом яровым (7,4–7,7 ц/га).

Наибольший показатель по выручке денежной массы от продажи молока и выходу живой массы молодняка крупного рогатого скота был при использовании зернофуража, полученного при посеве вико-тритикалевой смеси и составил 4141 бел. руб/га 4069 бел. руб/га соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макрак С. Методические подходы к проведению комплексной оценки материальных затрат в сельском хозяйстве // Аграр. экономика. – 2023. – № 11. – С. 16–25.
2. Урбан Э. П., Привалов Ф. И. Состояние и приоритеты селекции зерновых, зернобобовых и кормовых растений в Беларуси // Стратегия, приоритеты и достижения в развитии земледелия и селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси: сборник материалов Международной научно-практической конференции; 7–8 июля 2022 г. Жодино / РУП «Научно-исследовательский центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – С. 157–161.
3. Кукреш Л. В., Лукашевич Н. П. Зернобобовые культуры. – Минск: «Ураджай», 1992. – 256 с.
4. Зернофуражные культуры – источник концентрированных кормов / И. И. Борис, Н. П. Лукашевич, И. В. Ковалева и др. // Ветеринарный журнал Беларуси. – №1. – 2019. – С. 15–16.
5. Повышение технологичности посевов зернобобовых культур / Н. П. Лукашевич, И. М. Коваль, Т. М. Шлома и др. // Ученые записки учреждения образования «Витебская государственная академия ветеринарной медицины»: научно-практический журнал. – Витебск, 2018. – Т. 54, вып. 2. – С. 102–106.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. Наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф. И. Привалов и др. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 288 с.
7. Лукашевич Н. П., Зенькова Н.Н., Моисеева М. О. Кормопроизводство с основами ботаники / Учеб.-метод. пособие для студентов по специальности 1 – 74 03 01 «Зоотехния». – Витебск: ВГАВМ, 2018. – 82 с.
8. 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.
9. Войшнис В. А., Лукашевич Н. П. Влияние сроков сева вики посевной на зерновую продуктивность // Сборник научных статей по материалам X Междунар. студенческой научной конференции. – Гродно, ГГАУ. – 2020. – С. 15–17.
10. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – Москва: Колос, 1972. – 352 с.

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

П. А. САСКЕВИЧ, С. С. КАМАСИН

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: psaskevitch@mail.ru; kamss2005@yandex.by

ЙИ ТАНА (Yi Tana)

Профессионально-технический колледж Сельскохозяйственного университета Внутренней Монголии,
Китайская Народная Республика, e-mail: Tana Yi <yitana520@gmail.com

(Поступила в редакцию 25.03.2024)

В статье приведены аналитические данные и технологическая схема применения цифровых технологий в растениеводстве, которые позволяют создавать высокоинтеллектуальное производство растениеводческой продукции и актуализировать технологические процессы мониторинга агроценозов сельскохозяйственных культур. Созданные специальные компьютерные программы позволяют оптимизировать агротехнологические мероприятия. Точное внесение средств защиты растений от вредителей, болезней и сорной растительности, макро- и микроудобрений, регуляторов роста растений создают предпосылки удешевления продукции и экономии затрат 30 % и более при достаточно высокой прибавке урожайности и рентабельности производства.

Широкое внедрение в производство инновационных, эффективных цифровых технологий в растениеводстве, в том числе использование беспилотных летательных аппаратов с мультиспектральными и гиперспектральными камерами, для удаленного мониторинга роста и развития растений, агрохимической характеристики почвы и качественной фитосанитарной диагностики посевов и дозированного применения средств химизации позволяет осуществить быстрый переход к цифровой трансформации земледелия.

Компьютерная программа NPK – оптимизатор позволяет использовать нестроту почвенного плодородия на конкретном поле для оптимизации затрат на применение фосфорных и калийных удобрений, актуальность которой определяется острым дефицитом оборотных средств в сельскохозяйственных организациях и дороговизной минеральных удобрений, особенно фосфорных. При этом главная цель применения цифровых технологий состоит в замене человеческого труда, минимизации вредного воздействия химических средств на человека, животных, энтомофагов и в целом на окружающую среду, а также в повышении урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур и получении экологически безопасной продукции растениеводства.

Ключевые слова: цифровые технологии, средства химизации, болезни, вредители, сорная растительность, удобрения, регуляторы роста, хозяйственная, экономическая эффективность.

The article provides analytical data and a technological scheme for the use of digital technologies in crop production, which make it possible to create highly intelligent production of crop products and update technological processes for monitoring agroecosystems of agricultural crops. Created special computer programs make it possible to optimize agrotechnological activities. Precise application of means of plant protection from pests, diseases and weeds, macro- and microfertilizers, plant growth regulators create the prerequisites for cheaper products and cost savings of 30 % or more with a sufficiently high increase in yield and profitability of production.

Widespread introduction into production of innovative, effective digital technologies in crop production, including the use of unmanned aerial vehicles with multispectral and hyperspectral cameras for remote monitoring of plant growth and development, agrochemical characteristics of soil and high-quality phytosanitary diagnostics of crops and dosed use of chemicals allows for a rapid transition to the digital transformation of agriculture.

The computer program NPK-optimizer allows you to use the diversity of soil fertility in a specific field to optimize the costs of using phosphorus and potassium fertilizers, the relevance of which is determined by the acute shortage of working capital in agricultural organizations and the high cost of mineral fertilizers, especially phosphorus. At the same time, the main goal of using digital technologies is to replace human labor, minimize the harmful effects of chemicals on humans, animals, entomophages and the environment as a whole, as well as to increase the productivity of cultivated crops and obtain environmentally friendly crop products.

Key words: digital technologies, chemical agents, diseases, pests, weeds, fertilizers, growth regulators, economic, economic efficiency.

Введение

Интегрированные решения в области устойчивого ресурсосберегающего растениеводства обретают массовое применение посредством объединения различных типов сенсоров, IT-технологий, автоматизированной и беспилотной техники, роботизированных производственных систем. Платформенные решения, облачные технологии обработки больших данных и машинного обучения позволяют перейти к глубокой реорганизации бизнес-процессов в сельском хозяйстве [1, 3, 5].

Единая система управления агрономической службой предприятий сельского хозяйства позволяет обеспечивать полноту картины состояния культур на основе данных, собранных как вручную, так и автоматически за счет комплекса, в состав которого входит несколько полезных сервисов: мониторинг состояния полей в онлайн режиме при помощи спутникового наблюдения; высокоточное прогнозирование погоды и подсчет выпавших осадков; предупреждение о рисках; мониторинг развития растений, возбудителей заболеваний, вредителей и сорных растений [4, 7].

Отрасль растениеводства является перспективным рынком для внедрения разработок в области робототехники, поскольку использование подобных машин позволяет создавать высокоинтеллектуальное производство. В связи с этим в последние годы в аграрном секторе активизировалась работа по конструированию робототехнических устройств [1, 7].

В основном такая техника предназначена для выполнения повторяющихся операций при возделывании различных сельскохозяйственных растений. При этом главная цель ее применения в аграрной отрасли состоит в замене человеческого труда, минимизации вредного воздействия химических средств на людей и окружающую среду, а также в повышении урожайности возделываемых культур и эффективности производства сельскохозяйственных предприятий.

Аналитика больших данных позволяет своевременно выявлять проблемы на поле (наличие вредных организмов, неблагоприятные погодные условия и т.д.). Специальные программы на основе данных о погоде, состоянии почвы, мониторинга роста и развития растений, фитосанитарного состояния посевов помогают производителям сельскохозяйственной продукции принять решения по оптимальным срокам посева (посадки) и уборки, способам полива, дозам и нормам внесения средств химизации. Точное внесение химических средств защиты от вредителей, болезней и сорной растительности, макро- и микроудобрений, регуляторов роста растений при возделывании сельскохозяйственных культур экономит 30 % и более средств, а также дифференцированно экономит миллионы рублей [2, 6, 7].

Большую роль при применении макро- и микроудобрений, регуляторов роста растений и пестицидов играет научное и информационное (компьютерные метеостанции и другие программы) обеспечение агротехнологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур.

Цель настоящей работы – анализ многолетних исследований и разработка агротехнических мероприятий цифровых технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Основная часть

Оценка эффективности применения цифровых технологий выполнялась в агроклиматических условиях северной части Китая и северо-восточной части Беларуси на базе Профессионально-технического колледжа Сельскохозяйственного университета Внутренней Монголии и на кафедрах защиты растений и растениеводства УО БГСХА.

Для сбора информации о состоянии агроценозов, проведения мониторинга наличия питательных веществ, фитосанитарной диагностики вредных организмов, и применения средств химизации (макро- и микроудобрений, пестицидов и регуляторов роста растений) широко используются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), космическое зондирование посевов и традиционная наземная аппаратура.

Достаточно полный анализ состояния агроценозов сельскохозяйственных культур с помощью цифровых технологий, возможно провести используя предлагаемую схему технологического маршрута цифрового мониторинга посевов, представленной на рис. 1. Искусственный интеллект в растениеводстве с помощью анализа показаний сенсорных датчиков предупреждает о заморозках и влагообеспеченности почвы, отражает климатические данные, фиксирует условия роста и развития вегетативной массы растений. Цифровые технологии помогают в прогнозировании урожая, выявить распространение и развитие вредных организмов и наличие питательных веществ в посевах и предпринять необходимые действия для обработки полей.

Для качественного прогноза нужны хорошие исторические данные, на основе которых можно построить карту роста и развития растений, прогнозирования урожая (с учетом рельефа поля, географии и других характеристик), чтобы опираться на них при планировании посева и проведения агротехнических мероприятий.

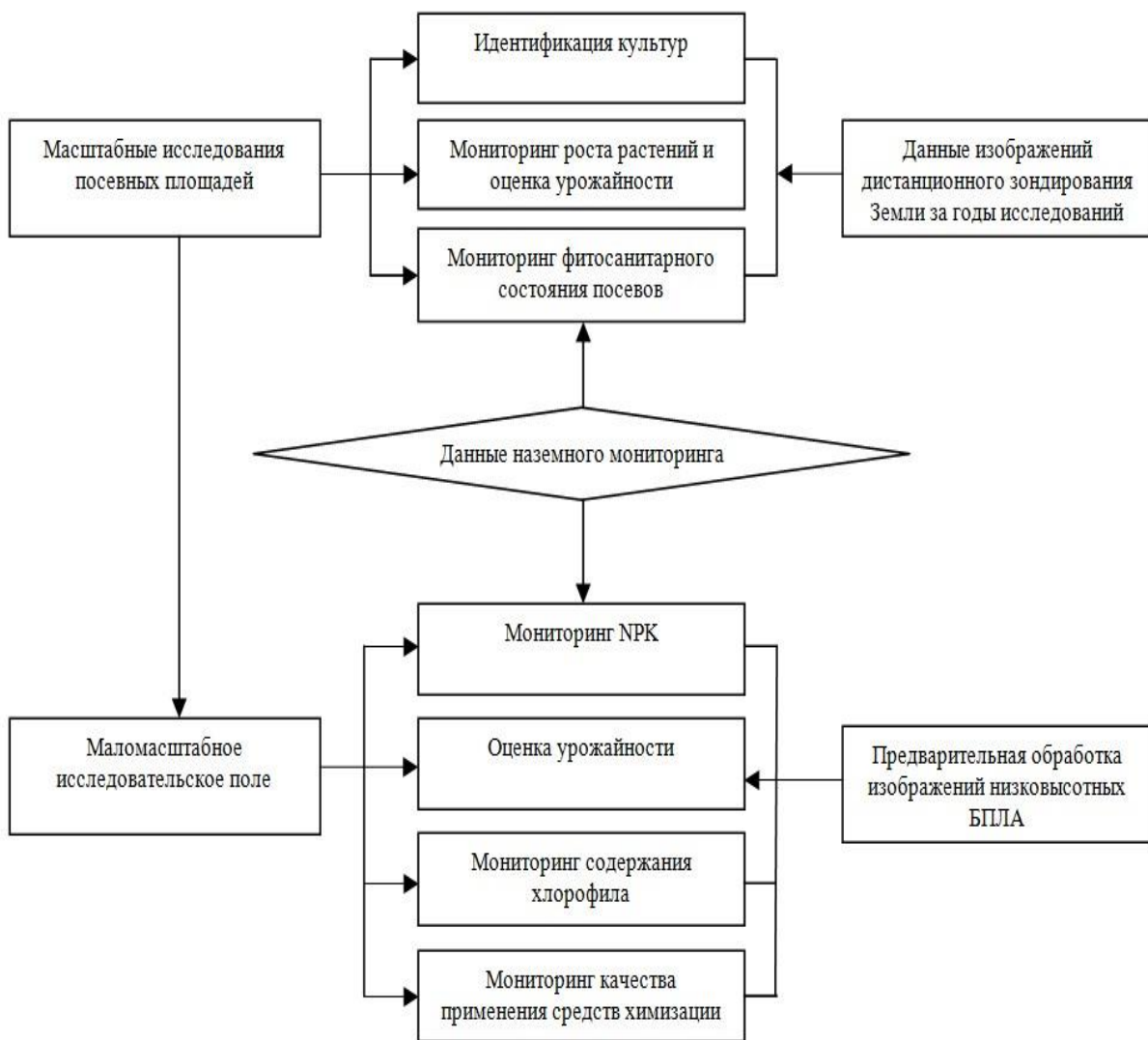


Рис. 1. Схема технологического маршрута цифрового мониторинга посевов полевых культур

Искусственный интеллект приходит на помощь при выявлении проблемных мест в растениеводстве: большие посевные площади, затраты на проведение мониторинга и сложность его проведения, а информация со спутниковых снимков и беспилотников позволяет своевременно обнаружить проблему, оперативно среагировать и принять меры, чтобы минимизировать ущерб.

Искусственный интеллект позволяет обнаружить заболевание на ранней стадии или распознать вредителей и сорных растений, пока они не распространились в посевах, и даже спрогнозировать появление вредных объектов в агроценозах, что оказывает положительное влияние на продукционные процессы и формирование урожайности. Инновационные технологии создают наиболее оптимальные модели обработки полей средствами защиты растений, микро- и макроудобрениями и регуляторами роста растений.

В качестве базы используются либо метеоданные – они позволяют узнать распространение и вредоносность вредителей, болезней и сорной растительности, либо информация с датчиков, камер, беспилотников с высоким разрешением – для обнаружения их.

По снимкам с БПЛА или спутников можно рассчитать индекс NDVI (нормализованный вегетационный индекс). Он показывает, в каком состоянии находятся растения на разных участках поля, и на его основе разрабатывают карты дифференциальной обработки полей. В традиционном подходе, когда поле рассматривается равномерным единым пространством, его обработка происходит равномерно.

Данные, полученные с БПЛА, также точны, как и результаты космической фотосъемки, поэтому позволяют получать информацию о полученных всходах, росте и развитии растений, сроках созревания и предварительной урожайности культур. На этой основе анализируется информация, и принимаются решения о сроках и методах осуществления агротехнологического мероприятия [5].

Одним из базовых элементов ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве является «точное земледелие» («прецизионное земледелие» – precision agriculture). Точное земледелие – это управление продуктивностью посевов с учётом внутривидовой вариативности среды обитания растений. Условно говоря, это оптимальное управление для каждого квадратного метра поля. Целью такого управления является получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов. При этом открываются реальные возможности производства качественной продукции и сохранения окружающей среды за счет оптимизации минерального питания растений и применения средств химизации.

В результате проведенных многолетних исследований ученых БГСХА (С. С. Камасин, И. К. Мирончиков) создана инновационная технология компьютерного программирования оптимизации внесения фосфорных, калийных и азотных удобрений в системе точного земледелия (Компьютерная программа NPK-оптимизатор, УО БГСХА, 2015 г.). Разработанная программа позволяет оптимизировать использование пестроты почвенного плодородия на конкретном поле и снижение затрат на применение фосфорных и калийных удобрений, которое определяется острым дефицитом оборотных средств в сельскохозяйственных организациях и дороговизной минеральных удобрений, особенно фосфорных [2, 6].

Компьютерная программа позволяет трансформировать негативный фактор пестроты почвенного плодородия в позитивный фактор экономии минеральных удобрений без снижения получаемой урожайности. При этом, чем больше пестрота почвенного плодородия поля, тем больше экономия. Важным фактором, определяющим эффективность новой технологии, является точное определение зон плодородия и оптимальной урожайности на конкретном элементарном участке поля. При этом необходимо учитывать не только содержание элементов питания в почве и степень их использования различными культурами, вынос NPK с единицей продукции и коэффициенты использования NPK из минеральных и органических удобрений, но также и различную стоимость единицы азота, фосфора и калия в удобрении.

В программу заложены данные для 39 полевых культур, включая сенокосы и пастбища. Учитывается действие и последствие 15 видов органического удобрения.

Достоинством разработанной программы являются:

- наиболее точный расчет количества РК, поступающего из почвенных запасов. Величина коэффициентов использования РК из почвы зависит от содержания данных элементов питания в пахотном горизонте, выращиваемой культуры, кислотности и гранулометрического состава почвы;

- программа позволяет выбрать для конкретного поля (с учетом пестроты почвенного плодородия) культуру, возделывание которой позволяет получить наибольшую экономию затрат на внесение NPK, а также определить экономическую эффективность предшественника и внесенных органических удобрений;

- использование программы позволяет получить планируемую урожайность и избежать дальнейшего нарастания пестроты почвенного плодородия, а также поступления избыточного количества минерального азота в почву;

- программа оптимизирует дозы фосфорно – калийных удобрений при увеличении доз азота. Возможность указанного уменьшения обусловлена тем, что многие растения усиливают мобилизацию РК из почвы и удобрений при достаточной обеспеченности азотом;

- оптимизация открытой базы данных по выносу NPK с единицей продукции, коэффициентам использования NPK из минеральных удобрений и количеству минеральных веществ, потребляемому растениями из органических удобрений к фактическим параметрам в каждой конкретной сельскохозяйственной организации.

Одним из интересных проектов в области беспилотной авиации в Республике Беларусь в настоящее время является работа по созданию инновационного комплекса для защиты растений и внесения средств химизации в сельском хозяйстве на базе беспилотного летательного аппарата, которая осуществлялась в рамках Государственной научно-технической программы «Цифровые технологии и роботизированные комплексы» на 2021–2025 годы (подпрограмма «Роботизированные комплексы и системы»). В рамках данной программы разработан беспилотный авиационный комплекс Агродрон А60-Х на базе БПЛА мульти роторного типа, предназначенный для внесения средств защиты растений по технологии ультра малообъемного опрыскивания (УМО) с нормой внесения рабочей жидкости 5–10 л/га, что бесспорно способствует улучшению экологической обстановки на сельскохозяйственных полях и экономии средств химизации [1].

В рамках Государственной научно-технической программы осуществлено серийное производство беспилотного авиационного комплекса Агродрон А60-Х, разработанного компанией «Авиационные технологии и комплексы». Это первое серийное производство изделий данного типа в странах СНГ. Его использование повышает производительность труда и качество агрохимической защиты сельскохозяйственных культур, в том числе в условиях, когда применение наземной техники затруднено или нецелесообразно.

Для успешной работы БПЛА требуется только информация о сельскохозяйственной культуре, которую необходимо обработать, и границы поля. После ввода исходных данных он самостоятельно определяет свою миссию, в том числе и порядок использования целевой аппаратуры и оборудования для опрыскивания растений.

Белорусский комплекс учитывает все достоинства и недостатки аналогичных продуктов, которые есть на рынке. Агродрон А60-Х – это умное изделие и ключевой элемент технологии точного земледелия в области химизации. Он создан для повышения производительности труда и качества агрохимической защиты сельскохозяйственных культур, в том числе в условиях, когда применение наземной техники затруднено или нецелесообразно.

Комплекс предназначен для внесения средств защиты растений, микроудобрений и регуляторов роста растений, особенно на посевах с высокорослыми культурами (кукуруза, подсолнечник, рапс и др.), где не хватает клиренса наземного опрыскивателя. Комплекс идеален для обработки мелкоконтурных полей и полей со сложной конфигурацией, которые преобладают в Республике Беларусь. Он не оставляет технологической колеи, которая сокращает урожайность минимум на 10 % и уплотняет почву, может работать на сильно увлажненных почвах, не только в дневное, но и в ночное время. БПЛА производит обработку заданных посевов с производительностью 8–10 га/час. Имеет очень быструю зарядку батарей, более мощное распыление агрохимических веществ за счет вращения форсунок роторного типа, расширенный диапазон размера капель, оптимальную ширину эффективного распыления – от 7 метров. Для контроля высоты полета аппарат оборудован радиовысотомером, имеет интеллектуальное программное обеспечение, позволяющее осуществлять создание и настройку полетных заданий прямо на экране пульта управления без использования персонального компьютера и без выхода в поле.

Технология управления комплексом при применении средств защиты растений, минеральных удобрений и регуляторов роста растений на базе БПЛА достаточно проста. После ввода исходных данных аппарат самостоятельно определяет свою миссию, включая порядок использования целевой аппаратуры и оборудования для опрыскивания растений. Фактически это робот-опрыскиватель для производителей растениеводческой продукции.

Использование данных технологий с применением БПЛА позволяет более точно прогнозировать урожайность с учетом расхода минеральных удобрений, пестицидов, посевного материала, топлива, затрат труда, а также оптимизировать структуру пахотных и посевных площадей, севооборота, сократить потери урожая из-за вредителей, болезней и сорных растений.

БПЛА имеют ряд преимуществ перед традиционными (наземными) средствами, это невысокие затраты по эксплуатации и наземному обеспечению, высокая производительность и точность обработки, простота использования.

Заключение

Таким образом, применение цифровых технологий в растениеводстве по предлагаемому технологическому маршруту, в том числе с использованием беспилотных летательных аппаратов с мультиспектральными и гиперспектральными камерами для удаленного мониторинга плодородия почвы, посевов, и качественного применения средств химизации позволяет осуществить быстрый переход к цифровой трансформации земледелия.

В сочетании с применением спутниковых систем для формирования электронных карт подобные технологии помогают проанализировать экологическую ситуацию, рост и развитие растений, определить вегетационный индекс и осуществить раннюю диагностику развития заболеваний, вредителей и сорняков, содержание элементов питания, что позволяет принять правильное решение по выполнению агротехнологических мероприятий при возделывании сельскохозяйственных культур.

При расчете норм внесения минеральных удобрений, наряду с официальной методикой, учитывающей коэффициенты возмещения (возврата) NPK, можно использовать данные расчета по компьютерной программе NPK- оптимизатор, преимущество которой заключается в учете стоимости единицы азота, фосфора и калия в алгоритме расчетов. В зависимости от биотических и абиотических фак-

торов прибавка урожайности может составлять 30 % и более от базового варианта (традиционной технологии возделывания культуры).

ЛИТЕРАТУРА

1. Агродрон А60-Х [Электронный ресурс] // Авиационные технологии и комплексы. – Режим доступа: <https://aerotexsys.by/produksiya/bespilotnye-aviatsionnye-kompleksy/multi-rotornogo-tipa/agrodron-a-60kh.html>. – Дата доступа: 10.03.2024.

2. Камасин С. С., Мирончиков И. К. Оптимизация норм прк в системе точного земледелия // Матер. Межд. научно-практической конференции «Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции в Беларуси. Достижения науки – производству», посвященной 15-летию Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию. Минск, ИВЦ «Минфина», 2021. – С. 69–72.

3. Поле возможностей: цифровые решения для сельского хозяйства [Электронный ресурс] // Росэлектроника. – Режим доступа: <https://rostec.ru/news/pole-vozmozhnostey-tsifrovye-resheniya-dlya-selskogo-khozyaystva/>. – Дата доступа: 17.03.2024.

4. Роботы для полей: обзор интеллектуальной сельхозтехники [Электронный ресурс] // Агробизнес. – Режим доступа: <https://www.agbz.ru/articles/robotyi-dlya-poley--obzor-intellektualnoy-selhoztehniki/>. – Дата доступа: 16.03.2024.

5. Роботы и ИТ в сельском хозяйстве. – Режим доступа: <https://cdto.work/2024/03/15/cifrovaja-transformacija-v-selskom-hozjajstve/>. – Дата доступа: 10.03.2024.

6. Саскевич П. А., Камасин С. С., Саскевич А. С. Технично-технологические инновации в растениеводстве // Проблемы продовольственной безопасности: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки 19-21 янв. 2023 г.: в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: В. В. Великанов (гл. ред.) и др. – Горки: БГСХА, 2023. – Ч. 1. – С. 240–245.

7. Цифровая трансформация в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cdto.work/2023/03/15/cifrovaja-transformacija-v-selskom-hozjajstve/>. – Дата доступа: 19.03.2024.

ОЦЕНКА ВРЕДНОСТИ СОВМЕСТНОГО ПРОИЗРАСТАНИЯ ПЫРЕЯ ПОЛЗУЧЕГО И ОСОТА ПОЛЕВОГО В ПОСЕВАХ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО И КУКУРУЗЫ

О. К. ЛОБАЧ

РУП «Институт защиты растений»,
аг. Прилуки, Республика Беларусь, 223011, e-mail: olga14081979@mail.ru

(Поступила в редакцию 28.03.2024)

Многолетние сорные растения широко распространены в посевах сельскохозяйственных культур, обладают высокой вредностью, которая заключается в конкурентных отношениях с культурными растениями и снижению их урожайности. Наиболее вредны многолетние корневищные и корнеотпрысковые сорные растения, представителями которых являются пырей ползучий и осот полевой.

В статье представлены результаты исследований по уточнению биологического порога вредности пырея ползучего (*Elytrigia repens* (L.) Nevski.) и оценка вредности совместного произрастания пырея ползучего и осота полевого (*Sonchus arvensis* L.) в посевах ячменя ярового и кукурузы.

Потери урожайности зерна ячменя ярового при засоренности пыреем ползучим 10–25 стеблей/м² составили 4,5–14,9 %; в условиях естественной засоренности недобор составил 30,4 % и 34,1 %.

Биологический порог вредности пырея ползучего – 9,2–12,1 стеблей/м². Совместное произрастание пырея ползучего и осота полевого обуславливает достоверное снижение урожайности культуры, биологический порог вредности их совместного произрастания – 2,8–7,3 шт./м². Влияние значений засоренности осотом полевым на урожайность зерна ячменя ярового выражено сильнее, чем у пырея ползучего: коэффициент вредности осота полевого составляет 0,99–1,18 шт./м², пырея ползучего – 0,41–0,64 стеблей/м².

Урожайность зеленой массы кукурузы при засоренности пыреем ползучим 10–36 стеблей/м² снижается на 1,1–36,6 %.

Биологический порог вредности пырея ползучего составляет 14,6–16,4 стебля/м². Биологический порог вредности их совместного произрастания – 7,8–12,1 шт./м². Влияние значений засоренности осотом полевым на урожайность зеленой массы кукурузы выражено сильнее, чем у пырея ползучего: коэффициент вредности осота полевого составляют 14,72–16,80, пырея ползучего – 2,43–4,01.

Многолетние сорные растения широко распространены в посевах сельскохозяйственных культур, обладают высокой вредностью, которая заключается в конкурентных отношениях с культурными растениями и снижению их урожайности. Наиболее вредны многолетние корневищные и корнеотпрысковые сорные растения, представителями которых являются пырей ползучий и осот полевой.

Ключевые слова: пырей ползучий, осот полевой, результаты исследований.

Perennial weeds are widespread in agricultural crops and have high harmfulness, which consists of competitive relationships with cultivated plants and a decrease in their yield. The most harmful are perennial rhizomatous and soboliferous weeds, representatives of which are creeping wheatgrass and field thistle.

The article presents the results of studies to clarify the biological threshold of harmfulness of wheatgrass (*Elytrigia repens* (L.) Nevski.) and an assessment of the harmfulness of the joint growing of wheatgrass and field thistle (*Sonchus arvensis* L.) in crops of spring barley and corn.

Loss of grain yield of spring barley when infested with wheatgrass at 10–25 stems/m² amounted to 4.5–14.9 %; under conditions of natural weediness, the shortfall was 30.4 % and 34.1 %.

The biological threshold of harmfulness of creeping wheatgrass is 9.2–12.1 stems/m². The joint growing of creeping wheatgrass and thistle causes a significant decrease in crop yield; the biological threshold for the harmfulness of their joint growth is 2.8–7.3 pcs/m². The influence of field thistle infestation values on the grain yield of spring barley is more pronounced than that of creeping wheatgrass: the coefficient of harmfulness of field thistle is 0.99–1.18 pcs/m², of creeping wheatgrass – 0.41–0.64 stems/m².

The yield of green mass of corn when infested with wheatgrass at 10–36 stems/m² is reduced by 1.1–36.6 %.

The biological threshold for harmfulness of creeping wheatgrass is 14.6–16.4 stems/m². The biological threshold of harmfulness of their joint growth is 7.8–12.1 pcs/m². The influence of infestation values of field thistle on the yield of green mass of corn is more pronounced than that of creeping wheatgrass: the coefficient of harmfulness of field thistle is 14.72–16.80, and that of creeping wheatgrass is 2.43–4.01.

Key words: creeping wheatgrass, field thistle, research results.

Введение

По данным маршрутных обследований, проведенных в 2016–2020 гг. доминирующими видами многолетних сорных растений в посевах ячменя ярового и кукурузы являются пырей ползучий и осот полевой [1, с. 48–49]. Данные виды характеризуются высокой вредностью в отношении культурных растений [2, с. 6–14] и обуславливают снижение их урожайности до 35 % [3, с. 18].

В настоящее время установлены биологические пороги вредности пырея ползучего (в посевах яровых зерновых культур составляет 10–12 стеблей/м², в посевах кукуруза на зеленую массу – 16–28 шт/ м² и осота полевого 1,2–2,2 шт/м² и 2,8–3,3 шт/м², соответственно [4, с. 118; 5, с. 96; 6, с. 120; 7, с. 42; 8, с. 18–19].

Тем не менее в связи с изменением агроклиматических условий, применения ресурсо- и энерго-сберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур, следует ожидать изменения вредности сорных растений, особенно многолетних видов.

Цель нашей работы – уточнение биологического порога вредоносности пырея ползучего и оценка вредоносности совместного произрастания пырея ползучего, и осота полевого в посевах ячменя ярового и кукурузы.

Основная часть

На основании статистической обработки полученных нами данных было установлено, количество пырея ползучего, приводящее к существенному снижению урожайности ячменя ярового и кукурузы.

В условиях 2019 года потери урожайности зерна ячменя ярового при засоренности пыреем ползучим 10–20 стеблей/м² составили 4,5–14,9 %, в 2020 г. при засоренности 10–25 стеблей/м² урожайность зерна снизилась на 4,9–9,2 %; условиях естественной засоренности недобор составил 30,4 % и 34,1 %, соответственно году исследований.

Следует отметить, что благоприятные погодные условия 2019 г. способствовали росту конкуренции между культурой и пыреем ползучим, в результате чего его вредоносное действие возрастало и биологический порог составил 9,1 стебель/м². В условиях 2020 г. когда пониженный температурный режим с недостаточным количеством осадков сдерживали рост и развитие не только культуры, но и пырея ползучего, конкуренция между культурой и сорняком снижалась, а его биологический порог увеличивался и составил 12,3 стебля/м².

Полученные уравнения свидетельствуют о тесной прямой зависимости урожайности зерна ячменя ярового от засоренности пыреем ползучим. Коэффициент корреляции (r) составляет 0,92–0,95 по численности и 0,86–0,92 по массе. В 86–92 % случаях урожайность зерна зависела от количества пырея ползучего и в 75–91 % от его массы. Таким образом, при произрастании в посевах ячменя ярового одного стебля пырея ползучего на единице площади свыше порога вредоносности, урожайность зерна снизится на 0,38–0,77 % (табл. 1).

Таблица 1. Вредоносность пырея ползучего в посевах ячменя ярового (полевые опыты, РУП «Институт защиты растений», сорт Магутны)

Год	Уравнение линейной регрессии	Коэффициент корреляции, r	Коэффициент детерминации, r ²	Относительный коэффициент вредоносности, В	Биологический порог вредоносности, стеблей/м ²
2019	Зависимость урожайности от количества пырея ползучего				9,1 ± 1,9
	$Y=47,85-0,37x_1$	0,92	0,86	0,77	
	Зависимости урожайности от массы пырея ползучего				
2020	Зависимость урожайности от количества пырея ползучего				12,3 ± 2,2
	$Y=58,51-0,22x_1$	0,95	0,92	0,38	
	Зависимости урожайности от массы пырея ползучего				
	$Y=58,72-0,27x_1$	0,96	0,91	0,46	

Примечание: Y – урожайность зерна при данной засоренности, ц/га; x₁ – количество пырея ползучего, стеблей/м²; x₂ – масса пырея ползучего г/м².

При изучении вредоносности доминирующих видов сорных растений мы учитывали совместное произрастание пырея ползучего и осота полевого, чтобы установить влияние каждого сорного растения на урожайность.

Таблица 2. Оценка значимости между группами засоренности по результатам дисперсионного анализа

2019 г.				2020 г.			
Группа*	Квантиль Стьюдента t _{05; 12}	S _d	НСР	Группа*	Квантиль Стьюдента t _{05; 12}	S _d	НСР
1	4,6	1,48	3,23	1	2,97	0,65	1,42
2	6,9	1,10	3,28	2	2,52	0,82	1,78
3	7,6	0,68	1,48	3	3,22	1,10	2,41
4	–	–	–	4	–	–	–
5	3,08	1,39	3,04	5	–	–	–
6	–	–	–	6	–	–	–
Примечание: * 1 – чистые посева – пырей ползучий (10–20 стеблей/м ²); 2 – чистые посева – осот полевой (1–6 шт/м ²); 3 – чистые посева – совместное произрастание пырей ползучий (8–16 стеблей/м ²) + осот полевой (1–4 шт/м ²); 4 – пырей ползучий (10–20 стеблей/м ²) – осот полевой (1–6 шт/м ²); 5 – пырей ползучий (10–20 стеблей/м ²) – совместное произрастание пырей ползучий (8–16 стеблей/м ²) + осот полевой (1–4 шт/м ²); 6 – осот полевой (1–6 шт/м ²) – совместное произрастание пырей ползучий (8–16 стеблей/м ²) + осот полевой (1–4 шт/м ²).				Примечание: * 1 – чистые посева – пырей ползучий (12–25 стеблей/м ²); 2 – чистые посева – осот полевой (1–5 шт/м ²); 3 – чистые посева – совместное произрастание пырей ползучий (8–16 стеблей/м ²) + осот полевой (1–4 шт/м ²); 4 – пырей ползучий (12–25 стеблей/м ²) – осот полевой (1–5 шт/м ²); 5 – пырей ползучий (12–25 стеблей/м ²) – совместное произрастание пырей ползучий (8–16 стеблей/м ²) + осот полевой (1–4 шт/м ²); 6 – осот полевой (1–5 шт/м ²) – совместное произрастание пырей ползучий (5–15 стеблей/м ²) + осот полевой (1–4 шт/м ²).			

Из полученных в 2019 г. результатов видно, что по средним значениям урожайности зерна ячменя ярового значительно различаются группы 1, 2, 3 и 4. Различие между группами 4 и 6 незначительно. В 2020 г. средние значения между группами 1, 2 и 3 значимы. Анализ дисперсионного анализа показал, что группы 4, 5 и 6 отличаются между собой незначимо (табл. 2). На основании данных таблицы 3 мы можем предположить, что влияние осота полевого на урожайность ячменя ярового в 2019 г. было более выражено, чем пырея ползучего.

Поскольку установить долю влияния каждого сорного растения на урожайность затруднительно, мы использовали множественный регрессионный анализ построения модели линейной зависимости урожайности ячменя ярового с двумя переменными (1 и 2).

$$2019 \text{ г.} \quad Y=47,10 - 0,41x_1 - 1,18x_2 \quad (1)$$

$$2020 \text{ г.} \quad Y=58,93 - 0,64x_1 - 0,99x_2, \quad (2)$$

где: Y – урожайность зерна при данной засоренности, ц/га; x_1 – количество пырея ползучего, стеблей/м²; x_2 – количество осота полевого, шт/м²

Расчетные уровни значимости свидетельствует об адекватности данной модели и о статистической значимости коэффициентов. Таким образом, можно утверждать, что влияние значений засоренности осотом полевым на урожайность зерна ячменя ярового выражено сильнее, чем у пырея ползучего, об этом свидетельствуют коэффициенты вредоносности, которые составили 0,99–1,18 для осота полевого и 0,41–0,64 для пырея ползучего.

На основании статистической обработки полученных данных было установлено, что совместное произрастание пырея ползучего и осота полевого обуславливает достоверное снижение урожайности культуры, при этом их вредоносность увеличивается. Об этом свидетельствует биологический порог вредоносности при совместном произрастании пырея ползучего и осота полевого, который составляет 2,8–7,3 растения/м² в зависимости от года исследований. Относительный коэффициент вредоносности составляет 0,56–1,1 % (табл. 3).

Таблица 3. Комплексная вредоносность пырея ползучего и осота полевого в посевах ячменя ярового, сорт Магунны

Показатель	2019 г.	2020 г.
Коэффициент детерминации, R ²	0,96	0,98
p-значение	< 0,001	< 0,001
Биологический порог вредоносности, стеблей, шт./м ²	2,8	7,3
Относительный коэффициент вредоносности, %	1,1	0,56

При оценке вредоносности пырея ползучего в посевах кукурузы статистическая обработка данных исследований показала, что урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от засоренности пыреем ползучим снижалась на 1,1 (при 10 стеблях/м²), на 13,6 % (при 28 стеблях/м²) в 2019 г. и от 1,9 (10 стеблей/м²) до 36,6 % (36 стеблей/м²) – в 2020 г.

Благоприятный температурный режим с достаточным количеством влаги в 2019 г. способствовали равномерной всхожести семян кукурузы. Вместе с тем, отмечался интенсивный рост и развитие пырея ползучего, который интенсивно набирал вегетативную массу на протяжении всего вегетационного периода, что способствовало увеличению конкуренции между культурой и пыреем ползучим, вредоносное действие которого возрастало, биологический порог составил 14,4 стебля/м².

Пониженный температурный режим с недостаточным количеством осадков весной 2020 г. сказывался на развитии кукурузы на начальном этапе, культура развивалась менее интенсивно, был растянут период прорастания и всходов. Такие погодные условия оказывали влияние не только на культуру, но и на сорные растения. Пырей ползучий слабо набирал вегетативную массу. В период образования листьев и стеблей у кукурузы температурный режим сменился на благоприятный, количества выпавших осадков хватило для развития полноценного стеблестоя. Конкуренция между культурой и пыреем ползучим снизилась, а его биологический порог увеличился и составил – 16,6 стеблей/м².

Полученные уравнения свидетельствуют о тесной прямой зависимости урожайности зеленой массы кукурузы от засоренности пыреем ползучим. При произрастании в посевах кукурузы одного сорного растения на единице площади урожайность зеленой массы снижается на 0,50–1,12 % (табл. 4).

Таблица 4. Вредоносность пырея ползучего в посевах кукурузы, возделываемой на зеленую массу (полевые опыты, РУП «Институт защиты растений», гибрид Рональдино)

Год	Уравнение линейной регрессии	Коэффициент корреляции, r	Коэффициент детерминации r ²	Относительный коэффициент вредоносности, В	Биологический порог вредоносности стеблей/м ²
2019	Зависимость урожайности от количества пырея ползучего				
	$Y=491,73-2,47x_1$	0,97	0,93	0,50	14,4 ±2,2
	Зависимость урожайности от массы пырея ползучего				
$Y=494,12-1,54x_2$	0,85	0,73	0,31		
2020	Зависимость урожайности от количества пырея ползучего				
	$Y=669,12-7,52x_1$	0,93	0,86	1,12	16,6 ±3,9
	Зависимость урожайности от массы пырея ползучего				
$Y=663,25-8,04x_2$	0,96	0,93	1,21		

Примечание: Y – урожайность зеленой массы кукурузы при данной засоренности, ц/га; x₁ – количество пырея ползучего, стеблей/м²; x₂ – масса пырея ползучего г/м².

При совместном произрастании пырея ползучего и осота полевого в посевах кукурузы оценка значимости между группами засоренности показала, что в 2019 г. различие между группами засоренности 1, 2, 3, 5 и 6 значимо. Различие между засоренностью в группе 4 незначительно. Таким образом, мы можем предположить, что влияние осота полевого было более выражено, чем пырея ползучего. В 2020 г. средние значения между группами 1, 2 и 3 значимы. Результат дисперсионного анализа показал, что группы 4, 5 и 6 отличаются между собой незначительно (табл. 5).

Таблица 5. Оценка значимости между группами засоренности по результатам дисперсионного анализа

2019 г.				2020 г.			
Группа*	Разность средних	S _d	НСР	Группа*	Разность средних	S _d	НСР
1	40,50	15,27	33,29	1	132,0	52,47	114,0
2	47,45	16,93	36,87	2	106,50	38,33	83,52
3	89,5	14,38	31,34	3	95,75	34,20	74,52
4	7,25	19,0	21,96	4	–	–	–
5	49,0	17,66	38,48	5	–	–	–
6	41,75	19,10	41,62	6	–	–	–
Примечание: * 1 – чистые посева – пырей ползучий (10–28 стеблей/м ²); 2 – чистые посева – осот полевой (1–6 шт/м ²); 3 – чистые посева – совместное произрастание пырей ползучий (10–25 стеблей/м ²) + осот полевой (1–5 шт/м ²); 4 – пырей ползучий (10–28 стеблей/м ²) – осот полевой (1–6 шт/м ²); 5 – пырей ползучий (10–28 стеблей/м ²) – совместное произрастание пырей ползучий (10–25 стеблей/м ²) + осот полевой (1–5 шт/м ²); 6 – осот полевой (1–6 шт/м ²) – совместное произрастание пырей ползучий (10–25 стеблей/м ²) + осот полевой (1–5 шт/м ²).				Примечание: * 1 – чистые посева – пырей ползучий (5–36 стеблей/м ²); 2 – чистые посева – осот полевой (1–7 шт/м ²); 3 – чистые посева – совместное произрастание пырей ползучий (5–25 стеблей/м ²) + осот полевой (1–4 шт/м ²); 4 – пырей ползучий (5–36 стеблей/м ²) – осот полевой (1–7 шт/м ²); 5 – пырей ползучий (5–36 стеблей/м ²) – совместное произрастание пырей ползучий (5–25 стеблей/м ²) + осот полевой (1–4 шт/м ²); 6 – осот полевой (1–7 шт/м ²) – совместное произрастание пырей ползучий (5–25 стеблей/м ²) + осот полевой (1–4 шт/м ²).			

На основании оценки значимости между группами засоренности, мы можем предположить, что влияние осота полевого на урожайность зеленой массы кукурузы в 2019 г. более выражено, чем пырея ползучего.

Поскольку установить долю влияния каждого сорного растения на урожайность зеленой массы кукурузы затруднительно, мы использовали множественный регрессионный анализ построения модели линейной зависимости урожайности с двумя переменными (3 и 4).

$$2019 \text{ г.} \quad Y=486,01-2,43 x_1- 14,72x_2 \quad (3)$$

$$2020 \text{ г.} \quad Y=667,07-4,02x_1- 16,84x_2 \quad (4),$$

где: Y – урожайность зеленой массы кукурузы при данной засоренности, ц/га; x₁ – количество пырея ползучего, стеблей/м²; x₂ – количество осота полевого, шт./м².

Данная модель зависимости является адекватной, ее коэффициенты статистически значимы, об этом свидетельствуют расчетные уровни значимости. Можно утверждать, что влияние значений засоренности осотом полевым на урожайность зеленой массы кукурузы выражено сильнее, о чем сви-

детельствуют коэффициенты вредоносности, которые составили 14,72–16,84 для осота полевого и 2,43–4,02 для пырея ползучего.

На основании статистической обработки полученных данных установлено, что засоренность посевов кукурузы пыреем ползучим и осотом полевым при совместном произрастании обуславливает достоверное снижение урожайности зеленой массы кукурузы. Их вредоносность увеличивается, об этом свидетельствует биологический порог вредоносности при совместном произрастании пырея ползучего и осота полевого, который составляет 7,8–12,2 растений/м² в зависимости от года исследований. Относительный коэффициент вредоносности – 0,83–0,91 % (табл. 6).

Таблица 6. Комплексная вредоносность пырея ползучего и осота полевого в посевах кукурузы, гибрид Рональдинио

Показатель	2019 г	2020 г.
Коэффициент детерминации, R ²	0,83	0,98
p-значение	< 0,05	< 0,05
Биологический порог вредоносности, стеблей, шт./м ²	7,8	12,2
Относительный коэффициент вредоносности, %	0,83	0,91

Заключение

Таким образом, в результате исследований уточнен биологический порог вредоносности пырея ползучего, который составил 9,1–12,3 стебля/м² в посевах ячменя ярового и 14,4–16,6 стеблей/м² в посевах кукурузы, возделываемой на зеленую массу. При совместном произрастании пырея ползучего и осота полевого их вредоносность увеличивается, о чем свидетельствуют пороги вредоносности: 2,8–7,3 растения/м² в посевах ячменя ярового и 7,8–12,2 растений/м² в посевах кукурузы, возделываемой на зеленую массу. Влияние значений засоренности осотом полевым на урожайность зерна ячменя ярового выражено сильнее, чем пыреем ползучим, о чем свидетельствуют коэффициенты вредоносности, которые составили 0,99–1,18 и 0,41–0,64 соответственно; для кукурузы, возделываемой на зеленую массу – 14,72–16,84 и 2,43–4,02.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лобач О. К. Видовой состав и распространенность многолетних сорных растений в посевах яровых зерновых культур // Земледелие и растениеводство. – 2023. – № 63 (148). – С. 47–51.
2. Саскевич, П. А., Миренков Ю. А., Сорока С. В. Агробиологическое обоснование мер борьбы с многолетней сорной растительностью в условиях Республики Беларусь. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип., 2008. – 238 с.
3. Рекомендации по борьбе с сорными растениями в посевах сельскохозяйственных культур / РУП «Ин-т защиты растений»; сост. С. В. Сорока и др. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск: РУП «ИВЦ Минфина», 2005. – 103 с.
4. Сорные растения и совершенствование химического метода борьбы с ними в посевах кукурузы / А. В. Сташкевич и др.; РУП «Институт защиты растений». – Минск: Колоград, 2020. – 316 с.
5. Лобач О. К., Сорока Л. И. Биологический порог вредоносности осота полевого в посевах яровых зерновых // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. ст. по материалам XXV Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 23 марта, 2022 года) / ГГАУ; отв. за вып. В. В. Пешко. – Гродно, 2022. – С. 95-96.
6. Lobach, O. K. Harmfulness of field sow thistle in spring crops / O. K. Lobach, S. V. Soroka, L. I. Soroka // 60. Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roslin: streszczenia, Poznan, 11-13 lut. 2020. – Poznan, 2020. – S. 120.
7. Лобач О. К. Вредоносность осота полевого в посевах ячменя ярового и кукурузы // Земледелие и растениеводство. – 2024. – № 1 (151). – С. 42–45.
8. Методы учета и пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник / РУП «Институт защиты растений»; под редакцией А. А. Запрудского, Е. А. Якимович. – Минск: Колорград, 2022. – 59 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОРОШЕНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Д. А. ДРОЗД

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

(Поступила в редакцию 28.03.2024)

Исследования по изучению влияния орошения на рост и развитие ярового ячменя выполнялись на дерново-подзолистых почвах северо-восточной части Республики Беларусь. Агротехника возделывания ярового ячменя принята в соответствии с технологическим регламентом. В исследованиях был использован яровой ячмень белорусской селекции сорта Страж 110. Дополнительное увлажнение ярового ячменя выполнялось фронтально-круговой дождевальная установкой Lindsay-Europe Omega поливными нормами 20 мм для варианта 0,8НВ и 30 мм для варианта 0,7НВ.

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались по уровню тепловлагообеспеченности. В 2017 году, который характеризовался как избыточно увлажненный, из-за крайне сильной неравномерности распределения осадков внутри вегетационного периода было выполнено по 4 полива на каждом из вариантов, а оросительная норма составила 70 мм в варианте 0,8НВ и 110 мм в варианте 0,7НВ. 2019 характеризовался нормальным по увлажнению и в течении всего периода вегетации было выполнено по 1 поливу нормами 20 мм и 30 мм в вариантах 0,8НВ и 0,7НВ соответственно.

Возделывание ярового ячменя в условиях варианта 0,8НВ максимально раскрыло его биологический потенциал, увеличив высоту растений до 70,42–86,63 см, среднюю длину колоса до 5,61–8,28 см, среднее количество зерна в колосе до 16,1–21,65 шт. Все вышеуказанные показатели в совокупности позволили получить максимальную урожайность зерна (4,7–5,02 т/га) и дополнительной продукции в виде соломы (1,95–2,64 т/га).

В результате наших исследований установлено, что энергетически эффективным является возделывание ярового ячменя в условиях варианта 0,8НВ ($AK = 4,03$), что приводит к снижению удельных затрат энергии на 66 МДж на 1 ГДж/га ОЭ и повышает выход обменной энергией на 20,44 ГДж/га. С экономической точки зрения орошение ярового ячменя является нецелесообразным, так как рентабельность посевов, возделываемых в контрольном варианте опыта, превышает аналогичный показатель орошаемых посевов на 7,18–20,7 %.

Ключевые слова: яровой ячмень, орошение, урожайность зерна, кормовые качества зерна, энергетическая эффективность, экономическая эффективность.

Research to study the effect of irrigation on the growth and development of spring barley was carried out on soddy-podzolic soils in the northeastern part of the Republic of Belarus. Agricultural technology for cultivating spring barley is in accordance with technological regulations. The research used spring barley of the Belarusian selection, variety Strazh 110. Additional moistening of spring barley was carried out with a Lindsay-Europe Omega front-circular sprinkler system with irrigation rates of 20 mm for the 0.8 minimum water capacity (MWC) option and 30 mm for the 0.7 MWC option.

Meteorological conditions during the years of research differed in the level of heat and moisture supply. In 2017, which was characterized as excessively wet, due to the extremely uneven distribution of precipitation within the growing season, 4 irrigations were carried out in each of the options, and the irrigation rate was 70 mm in the 0.8 MWC option and 110 mm in the 0.7 MWC option. The year 2019 was characterized by normal moisture and during the entire growing season, 1 irrigation was carried out with norms of 20 mm and 30 mm in the options 0.8 MWC and 0.7 MWC, respectively.

Cultivation of spring barley under the conditions of the 0.8 MWC variant maximized its biological potential, increasing plant height to 70.42–86.63 cm, average ear length to 5.61–8.28 cm, average grain quantity per ear to 16.1–21.65 pcs. All of the above indicators together made it possible to obtain maximum grain yield (4.7–5.02 t/ha) and additional products in the form of straw (1.95–2.64 t/ha).

As a result of our research, it has been established that the cultivation of spring barley under the conditions of the 0.8 MWC option ($AC = 4.03$) is energy efficient, which leads to a decrease in specific energy consumption by 66 MJ per 1 GJ/ha of exchangeable energy and increases the yield of exchangeable energy by 20.44 GJ/ha. From an economic point of view, irrigating spring barley is inappropriate, since the profitability of crops cultivated in the control version of the experiment exceeds that of irrigated crops by 7.18–20.7 %.

Key words: spring barley, irrigation, grain yield, feed quality of grain, energy efficiency, economic efficiency.

Введение

Яровой ячмень является одной из важнейших зернофуражных культур, используемых в Республике Беларусь на различные цели. Зерно ярового ячменя применяется не только для изготовления различных видов круп, но и в составе комбикормов. Солома ярового ячменя пригодна как в качестве подстилки для крупного рогатого скота, так и на корм ему [1, 2, 3].

Агроклиматические условия в Республике Беларуси благоприятны для возделывания этой культуры. Однако постепенное изменение климатических условий, отмечаемые не только в нашей стране, но и за рубежом, сказывается на продуктивности и кормовых качествах зерна и побочной продукции. Учитывая, что Республика Беларусь расположена в зоне неустойчивого увлажнения, то периодические возникающие засушливые периоды приводят к снижению урожайности зерна и ухудшению его качества. Полученное в условиях недостаточной влагообеспеченности зерно может потребовать дополнительные энергетические и денежные затраты для доработки продукции [4].

Решить данную проблему можно за счет использования орошения в критические для культуры фазы развития. В связи с этим вопрос орошения посевов ярового ячменя является научно обоснованным и актуальным для современных условий.

Основной целью выполненных исследований являлась оценка влияния орошения на высоту растений, продуктивную кустистость, длину колоса и урожайность зерна ярового ячменя в условиях северо-востока Республики Беларусь.

Основная часть

Исследования по оценке влияния орошения на рост и развитие ярового ячменя выполнялись на дерново-подзолистых почвах учебно-опытного поля БГСХА «Тушково-1», расположенного в северо-восточной части Республики Беларусь.

Агрохимические и водно-физические показатели почвы следующие: гумус – 1,48–1,66 %, pH – 5,70–5,80, содержание P₂O₅ – 203–320 мг/кг и K₂O – 251–423 мг/кг, И_{окульт} – 0,71–0,99, плотность сложения слоя 0–30 см – 1,37–1,39 г/см³, наименьшая влагоемкость для аналогичного слоя – 22,63–23,82 %.

Объектом исследования выступал яровой ячмень сорта Страж 110. Норма высева ярового ячменя 3,8 млн шт. семян на 1 га, глубина заделки семян – 3 см, ширина междурядий – 15 см. Семена непосредственно перед посевом, были обработаны препаратом Виал-ТТ дозой 0,5 л/т. Помимо этого, нами было выполнено химическая обработка посевов препаратами Базагран-М (2 л/га) и Агритокс (1 л/га) [5, 6].

При закладке полевых опытов, была принята следующая схема:

1. Возделывание в естественных условиях (контроль).
2. Полив при снижении влажности почвы до 70 % от НВ (0,7НВ).
3. Полив при снижении влажности почвы до 80 % от НВ (0,8НВ).

Поддержание почвенных влагозапасов в заданных выше пределах осуществлялось дождевальными установками Lindsay-Europe Omega. Поливные нормы определены исходя из водно-физических показателей почв и составили 20 мм и 30 мм для вариантов 0,8НВ и 0,7НВ соответственно [4].

Вегетационный период 2017 года характеризовался избытком атмосферных осадков (130 % от нормы) и небольшим недостатком тепла (98 % от нормы), что указывает на избыточную увлажненность (ГТК = 1,78). Несмотря на выявленный избыток атмосферных осадков, в течение вегетационного периода было выделено 5 единичных засушливых периодов (ЕЗП) общей продолжительностью в 73 дня. Они наблюдались с 17 по 30 мая, с 3 по 12 июня, с 15 по 28 июля, с 5 по 21 августа и с 16 сентября по 3 октября. В связи с этим на вариантах 0,7НВ и 0,8НВ было выполнено по 4 полива оросительной нормой 110 мм и 70 мм соответственно.

В отличие от 2017 года 2019 год является нормальным по увлажнению (ГТК = 1,49). Наиболее влагообеспеченной являлась третья декада июня, когда за 3 дня выпало 70,5 мм осадков. При комплексной оценке метеорологических условий нами выявлено 6 единичных засушливых периодов. Первый ЕЗП продлился 14 суток, начиная с 21 апреля. Второй период начался 12 мая, а 25 мая был установлен третий бездождливый период. Четвертый и пятый ЕЗП наблюдались в течение 11 и 15 суток, с 28 июля и 19 августа соответственно. Последний засушливый период был с 5 по 14 сентября. Несмотря это, в 2019 году на обоих вариантах с увлажнением было выполнено по 1 поливу ранее принятыми поливными нормами.

Орошение оказало положительное влияние на высоту растений и продуктивную кустистость травостоя. Наибольшая высота растений (70,42 см в 2017 году и 86,63 см в 2019 году) и продуктивная кустистость (100 % в 2017 году и 96 % в 2019 году) выявлена у растений, произрастающих в условиях варианта 0,8НВ. Несколько меньше эти показатели у растений варианта 0,7НВ. У растений контрольного варианта опыта отмечены наименьшие значения (табл. 1).

Таблица 1. Результаты оценки влияния орошения на яровой ячмень

Показатели	Вариант увлажнения								
	Контроль			0,8НВ			0,7НВ		
	2017	2019	Среднее	2017	2019	Среднее	2017	2019	Среднее
Средняя высота растений, см	64,92	61,98	63,45	70,42	86,63	78,53	69,78	65,22	67,50
Продуктивная кустистость, %	93,20	83,67	88,44	100,00	96,00	98,00	94,67	92,87	93,77
Средняя длина колоса, см	6,21	6,35	6,28	5,61	8,28	6,95	5,83	6,99	6,41
Среднее количество зерен в колосе, шт	18,38	16,85	17,62	16,10	21,65	18,88	16,60	17,56	17,08
Масса 1000 зерен, г	57,08	52,99	55,04	54,07	57,84	55,96	53,00	52,41	52,71
Урожайность зерна, т/га	4,77	2,45	3,61	5,02	4,70	4,86	4,89	3,98	4,44
Выход соломы, т/га	2,36	1,44	1,90	2,64	1,95	2,30	2,47	1,67	2,07
НСР ₀₅ для зерна	0,17	–	–	0,15	–	–	–	–	–
НСР ₀₅ для соломы	0,19	–	–	0,16	–	–	–	–	–

Положительное влияние орошения прослеживается и в развитии колоса ярового ячменя. Так, при возделывании ярового ячменя в условиях варианта 0,8НВ средняя длина колоса возрастает на 0,67 см до 6,95 см и на 0,13 см в условиях варианта 0,7НВ. Увеличение длины колоса оказывает прямое влияние и на количество зерна в нем. У посевов, произрастающих в естественных условиях, в 1 колосе в среднем содержится 17,62 шт зерен, в варианте 0,8НВ – 18,88 шт, а в варианте 0,7НВ – 17,08 шт. Полученные данные свидетельствуют о неблагоприятном влиянии условий варианта 0,7НВ на обсемененность растений ярового ячменя. Несмотря на все вышесказанное, орошение практически не повлияло на массу 1000 зерен, которая варьировала от 52,71 г у посевов варианта 0,7НВ до 55,97 г, отмеченных в варианте 0,8НВ.

В целом высокая продуктивная кустистость в совокупности с обсемененностью колоса оказали влияние на урожайность зерна и выход соломы у орошаемых посевов ярового ячменя. Максимальной прибавкой зерна (0,25–2,25 т/га) и соломы (0,28–0,51 т/га) от орошения характеризуются посевы, произрастающие в условиях варианта 0,8НВ. Посевы варианта 0,7НВ на протяжении всего периода исследований занимали промежуточную позицию. При этом следует отметить, что в 2017 году прибавка урожайности зерна и выхода соломы в варианте 0,7НВ была незначительна.

Помимо оценки влияния на урожайность зерна и соломы, нами было оценено влияние орошения на их биохимические показатели и кормовые качества, которые приведены в табл. 2. Из всей продукции, получаемой при возделывании ярового ячменя, наибольшей питательностью и кормовыми качествами обладает зерно. В нем содержится 7,13–9,54 % сырого протеина, 1,14–1,35 % сырого жира, 3,78–5,88 % сырой клетчатки, 82,80–85,36 % сырого БЭВ, 12,43–12,71 МДж/кг обменной энергии, 1,24–1,29 кормовых единиц и 1,25–1,27 энергетических кормовых единиц. Следует отметить, что наибольшее содержание сырого протеина (9,54 %), обменной энергии (12,71 МДж/кг), кормовых единиц (1,29 шт.) и энергетических кормовых единиц (1,27 шт.) выявлено у посевов, произрастающих в условиях варианта 0,8НВ. Наибольшее содержание сырой клетчатки (1,35 %) и сырого жира (5,88 %) установлено в варианте 0,7НВ, а сырого БЭВ (85,36 %) в контрольном варианте опыта.

Таблица 2. Кормовые качества зерна и соломы ярового ячменя

Вариант увлажнения	Год исследований	СП, %	СЖ, %	СК, %	СБЭВ, %	ОЭ, МДж/кг	С _{к.ед.}	ЭКЕ
Зерно								
Контроль	2017	6,92	1,00	3,76	86,27	12,56	1,26	1,26
	2019	7,34	1,69	4,73	84,44	12,60	1,27	1,26
	Среднее	7,13	1,35	4,25	85,36	12,58	1,27	1,26
0,8НВ	2017	8,52	1,19	3,16	84,88	12,71	1,29	1,27
	2019	10,55	1,08	4,40	82,29	12,70	1,29	1,27
	Среднее	9,54	1,14	3,78	83,59	12,71	1,29	1,27
0,7НВ	2017	7,68	1,16	4,24	84,97	12,57	1,26	1,26
	2019	8,54	1,54	7,52	80,63	12,29	1,21	1,23
	Среднее	8,11	1,35	5,88	82,80	12,43	1,24	1,25
Солома								
Контроль	2017	1,79	0,78	47,99	45,13	6,61	0,35	0,66
	2019	2,80	2,22	46,63	44,52	6,96	0,39	0,70
	Среднее	2,30	1,50	47,31	44,83	6,79	0,37	0,68
0,8НВ	2017	3,02	0,12	43,08	46,64	7,02	0,39	0,70
	2019	4,31	0,57	43,53	43,69	6,98	0,39	0,70
	Среднее	3,67	0,35	43,31	45,17	7,00	0,39	0,70
0,7НВ	2017	2,61	0,59	44,38	46,84	6,99	0,39	0,70
	2019	4,45	0,89	42,30	46,11	7,28	0,42	0,73
	Среднее	3,53	0,74	43,34	46,48	7,14	0,41	0,72

В отличие от зерна, солома ярового ячменя обладает меньшей питательностью и кормовыми качествами. В ней содержится 2,30–3,67 % сырого протеина, 0,35–1,59 % сырого жира, 43,32–47,31 % сырой клетчатки, 44,83–46,48 % сырого БЭВ, 6,79–7,14 МДж/га обменной энергии, 0,37–0,41 кормовых единиц и 0,68–0,72 энергетических кормовых единиц. При этом максимальной питательностью характеризуется солома, заготовленная в условиях варианта 0,7НВ.

Полученные в ходе эксперимента данные не позволяют дать однозначного ответа о преимуществах одного из предложенных режимов орошения. В связи с этим, нами была выполнена оценка экономико-энергетической эффективности возделывания ярового ячменя в условиях орошения (табл. 3).

Таблица 3. Экономико-энергетическая эффективность орошения ярового ячменя в среднем за 2017–2019 гг.

Показатель	Вариант увлажнения		
	Контроль	80 % НВ	70 % НВ
Энергетическая эффективность возделывания			
Выход кормовых единиц, тыс. к. ед.	5,32	7,31	6,45
Выход обменной энергии, ГДж/га	58,09	78,53	70,36
Затраты энергии, ГДж/га	17,21	19,49	19,15
Удельные затраты энергии, МДж на 1 ГДж/га ОЭ	314,00	248,00	273,00
АК (по обменной энергии)	3,31	4,03	3,67
Экономическая эффективность возделывания			
Производственные затраты, руб./га	541,37	763,27	759,77
Чистый доход, руб./га	607,16	733,43	628,23
Рентабельность, %	102,23	95,05	81,53

В ходе анализа полученных данных нами установлено, что суммарные затраты энергии при возделывании ярового ячменя варьируют от 17,21 ГДж/га, отмеченных на контрольном варианте опыта, до максимальных 19,49 ГДж/га – в варианте 80 % НВ. При этом, регулирование почвенных влагозапасов орошением повысило обеспеченность ярового ячменя обменной энергией с 58,09 ГДж/га до 70,36 ГДж/га в варианте 0,7НВ и 78,53 ГДж/га в варианте 0,8НВ и снизило удельные затраты энергии с 314 МДж на 1 ГДж/га ОЭ до 248 МДж на 1 ГДж/га ОЭ. Наибольший агроэнергетический коэффициент выявлен на варианте 0,8НВ (4,03), что указывает на высокую энергетическую эффективность возделывания ярового ячменя в условиях орошения.

При оценке экономической эффективности нами было установлено, что возделывание ярового ячменя с применением орошения приводит к росту производственных затрат с 541,37 руб/га до 759,77 руб/га в условиях варианта 0,7НВ и 763,27 руб/га в условиях варианта 0,8НВ. Однако, темпы роста чистого дохода при орошении были значительно ниже темпов роста производственных затрат и по этой причине орошаемые посевы ярового ячменя характеризовались меньшей рентабельностью (102,23 % в контрольном варианте опыта и 81,53–95,05 % при орошении), что указывает на низкую экономическую эффективность орошения.

Заключение

Полевые наблюдения за ростом и развитием ярового ячменя позволили установить, что максимальной высотой растений (70,42–86,63 см), продуктивной кустистостью (96–100 %), средней длиной колоса (5,61–8,28 см), средним количеством зерна в колосе (16,1–21,65 шт), массой 1000 зерен (54,04–57,84 г), урожайностью зерна (4,7–5,02 т/га) и выходом соломы (1,95–2,64 т/га) характеризовались посевы возделываемые в водно-воздушных условиях варианта 0,8НВ.

Орошение посевов ярового ячменя оказало непосредственное влияние и на кормовые качества зерна и соломы. Так, в условиях варианта 0,8НВ отмечалась максимальная обеспеченность зерна сырыми питательными веществами (содержание сырого протеина в среднем за 2017–2019 гг. достигало 9,54 %, сырого жира – 1,14 %, сырой клетчатки – 3,78 % сырого БЭВ – 83,59 %), что в свою очередь повышало его кормовые качества (в 1 к зерна выявлено 1,29 кормовых единиц и 1,27 энергетических кормовых единиц).

Солома ярового ячменя обладает меньшей питательностью и кормовыми качествами, а самые высокие показатели (в 1 сухого вещества соломы содержание кормовых единиц составило 0,41 и энергетических кормовых единиц 0,72) установлены в условиях варианта 0,7НВ.

Выполненные нами исследования позволили установить, что энергетически эффективным является возделывание ярового ячменя в условиях варианта 0,8НВ (АК = 4,03), что даст возможность снизить удельные затраты энергии на 66 МДж на 1 ГДж/га ОЭ и повысит выход обменной энергией на 20,44 ГДж/га. С экономической точки зрения, орошение ярового ячменя является нецелесообразным, так как рентабельность посевов, возделываемых в естественных условиях, превышает аналогичный показатель орошаемых посевов на 7,18–20,7 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февраля 2021 г., № 59 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
2. Растениеводство / Г. С. Посыпанов и др.; под ред. Г. С. Посыпанова. – М.: Колос, 2007. – 612 с.
3. Князева А. П., Мастеров А. С. Влияние биологических препаратов на урожайность ярового ячменя // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2021. – № 2. – С. 90–93.
4. Лихацевич А. П., Голченко М. Г., Михайлов Г. И. Сельскохозяйственные мелиорации; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
5. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: рекомендации / К. В. Коледа и др.; под ред. К. В. Коледа, А. А. Дудука. – Гродно: ГГАУ, 2010. – 340 с.
6. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства: учеб.-метод. пособие / Т. А. Непарко и др. – Минск: БГАТУ, 2009. – 140 с.

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ МЕЖДУРЯДИЙ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОЧВЫ В ЗОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРИОДА ПОКОЯ КЛУБНЕЙ

В. А. СЕРДЮКОВ

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»,
а.г. Самохваловичи, Республика Беларусь, 223013*

(Поступила в редакцию 11.04.2024)

В работе представлены результаты исследований влияния ширины междурядий на степень прогрева почвы в зоне расположения клубней картофеля, сумму температур, накопленных клубнями в период вегетации и продолжительность физиологического периода покоя.

Увеличение ширины междурядий при выращивании картофеля с 75 до 90 см обеспечивает снижение температуры прогрева почвы в зоне расположения клубневого гнезда (клубней) на: 1,6 °С в июне, на 1,2 °С в июле и августе, в сентябре – на 0,7 °С. В период вегетации картофеля клубни, выращенные при ТВ-90 см, в среднем накопили на 119,4 °С меньше эффективных температур (1379,3 °С), чем при ТВ-75 (1498,7 °С), что повлияло на выход клубней из состояния покоя.

У клубней картофеля, выращенных при ширине междурядий 90 см, продолжительность физиологического периода покоя была больше, чем при 75 см и различалась по сортам в среднем от 3 суток у сорта Рagneда до 8 суток у сорта Вектар, у сортов Бриз и Скарб на 7 и 6 суток соответственно.

Продолжительность физиологического периода покоя была выше у клубней, выращенных при ширине междурядий 90 см. У сортов Скарб и Вектар период покоя составил 104 (+6) и 57 (+8) суток, а в контроле, при ширине 75 см – 98 и 49 суток. У клубней сортов Бриз и Рagneда результаты не превышали НСР₀₅. Период покоя клубней не зависел от технологии возделывания и находился на одном уровне: у сорта Рagneда – 55 суток (ТВ-75) и 58 суток (ТВ-90); у сорта Бриз – 100 суток (ТВ-75) и 107 суток (ТВ-90). Возделывание картофеля при ширине междурядий 90 см повышает однородность выращенных клубней, и они являются более однородным.

Независимо от условий выращивания (ширины междурядий) клубни сортов Бриз и Скарб имеют продолжительный физиологический период покоя, а у сортов Рagneда и Вектар – непродолжительный, что в свою очередь необходимо учитывать при прогнозировании температурного режима хранения клубней.

Продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля является сортовой особенностью с долей влияния в среднем – 72,09 %.

Ключевые слова: картофель, сорт, клубень, ширина междурядий, физиологический период покоя.

The paper presents the results of studies of the influence of row spacing (RS) on the degree of soil heating in the area where potato tubers are located, the sum of temperatures accumulated by the tubers during the growing season and the duration of the physiological dormant period.

Increasing the row spacing when growing potatoes from 75 to 90 cm ensures a decrease in soil heating temperature in the area where the tuber nest(s) are located by: 1.6 °C in June, by 1.2 °C in July and August, in September – by 0.7 °C. During the potato growing season, tubers grown at RS-90 cm accumulated on average 119.4 °C less effective temperatures (1379.3 °C) than at RS-75 (1498.7 °C), which affected the emergence of tubers from the dormancy.

In potato tubers grown at a row spacing of 90 cm, the duration of the physiological dormant period was longer than at 75 cm and varied by variety on average from 3 days for the Ragneda variety to 8 days for the Vektar variety, and 7 and 6 days for the Briz and Skarb varieties, respectively.

The duration of the physiological dormancy period was higher in tubers grown with a row spacing of 90 cm. In the Skarb and Vektar varieties, the dormant period was 104 (+6) and 57 (+8) days, and in the control, with a row width of 75 cm – 98 and 49 days. For tubers of the Briz and Ragneda varieties, the results did not exceed LSD₀₅ (least significant difference). The dormant period of tubers did not depend on cultivation technology and was at the same level: for the Ragneda variety – 55 days (RS-75) and 58 days (RS-90); for the Breeze variety – 100 days (RS-75) and 107 days (RS-90). Cultivating potatoes with a row spacing of 90 cm increases the uniformity of the grown tubers.

Regardless of the growing conditions (row spacing), tubers of the Briz and Skarb varieties have a long physiological dormant period, while those of the Ragneda and Vektar varieties have a short dormant period, which in turn must be taken into account when predicting the temperature regime for storing tubers.

The duration of the physiological dormant period of potato tubers is a varietal feature with an average share of influence of – 72.09 %.

Key words: potato, variety, tuber, row spacing, physiological dormant period.

Введение

По данным ряда авторов [1, с. 102, 104–105; 2; 3; 4; 5], продолжительность физиологического периода покоя клубней, а следовательно, и лёжка картофеля, зависит от суммы активных температур, полученных клубнями ещё при выращивании в поле, т. е. от метеорологических условий периода вегетации. Чем выше температура в период вегетации, тем раньше клубни выйдут из состояния покоя, и наоборот, при низких температурах клубню для выхода из состояния покоя нужно будет больше времени.

А. В. Семенов, А. М. Новиков и В. Н. Говрилов [6, с. 101–102] в своих исследованиях установили, что в процессе роста и развития растений картофеля температура почвы при междурядьях в 70 см была выше на 3,0–4,5 °С. В фазу цветения картофеля почва в больших гребнях прогревалась до температуры в 25,0 °С, а при междурядьях в 70 см составляла 28,5 °С. Влияние ширины междурядий на температурный режим почвы объясняется изменением объема формируемого гребня. По их мнению, расширение междурядий создает благоприятные условия для формирования мощной надземной массы, а увеличение площади листового аппарата позволяет поддерживать благоприятные значения температуры в почве во время засухи. Меньший объем почвы интенсивнее нагревается. Вместе с тем, из-за существенного увеличения теплоотдачи она быстрее охлаждается.

О. А. Старовойтова и Н. Э. Шабанов [7, с. 38] пришли к выводу, что при возделывании картофеля по схеме (110 (120) + 30) × 30 см по сравнению с гребнем (75×30) улучшаются условия в зоне клубневого гнезда для развития растений, а именно: снижается средняя величина температуры на 0,35–0,80 °С, улучшаются значения влажности почвы (особенно в жаркие часы и при обильных дождях).

В. И. Старовойтов [и др.] [8, с. 42] установили, что увеличением ширины междурядий можно влиять на температуру почвы. В опыте установлено, что температура почвы при грядовой технологии (110+30 на суглинках и 120+30 на супесях) была ниже на 0,6–0,7 °С, чем при гребневой технологии (70/75 см).

Н. В. Кононученко [9, с. 15] в своих опытах не выявил влияния ширины междурядий 70 и 90 см на температурный режим.

Продолжительность физиологического периода покоя является сортовой особенностью, которая может колебаться из года в год, если условия вегетации или какой-либо отдельный фактор из них будут сильно отличаться [10, с. 47, 49].

Таким образом, целью наших исследований было определить влияние ширины междурядий на степень прогрева почвы в зоне расположения клубней картофеля и установить продолжительность физиологического периода клубней картофеля выращенных при ширине междурядий 75 и 90 см.

Основная часть

Исследования проводились в лаборатории технологий производства и хранения картофеля РУП «Научно-практического центра НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» в 2017–2020 гг.

В качестве объектов исследований использовались сорта картофеля белорусской селекции различных групп спелости: среднеранней – Бриз, среднеспелой – Скарб, среднепоздней – Рагнеда и Вектар.

Предметом исследования были температура почвы и физиологический период покоя клубней картофеля.

Проведен трехфакторный опыт:

фактор А – сорт (Бриз, Скарб, Рагнеда и Вектар);

фактор В – ширина междурядий (ТВ-75 см и ТВ-90 см);

фактор С – год (условия года).

Технология возделывания была общепринятой при выращивании картофеля с шириной междурядий 75 и 90 см на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве [11].

В качестве предшествующей культуры в технологическом севообороте использовали озимый рапс на маслосемена с последующей заправкой пожнивных остатков в почву.

Посадку выполняли, когда температура почвы на глубине заделки клубней прогревалась до 6–8 °С.

Минеральные удобрения вносились из расчета 90 кг/га д. в. азота (сульфат аммония), 60 кг/га д. в. – фосфора (суперфосфат двойной) и 150 кг/га д. в. калия (хлористый калий).

Убирали картофель вручную с отбором опытного материала, последующей их закладкой на хранение согласно схеме исследований.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были не стабильны и отличались по годам, что позволило достоверно оценить влияние условий выращивания на биохимические показатели. В период посадки (май) среднесуточная температура воздуха в 2017 г. была ниже среднемноголетней, а в 2018 и 2019 гг. превышала. Следует выделить 2018 г. температура воздуха значительно была выше среднемноголетней значения на 3,5°С. Независимо от года количество выпавших осадков не превышало норму. Существенный дефицит влаги был в 2017 и 2018 гг., всего выпало 25,5 и 27,0 мм осадков, при норме 60,0 мм. Июнь 2017 и 2019 гг. был значительно теплее мая, среднесуточная температура воздуха в 2018 г. была на одном уровне с маем. Следует отметить, что июнь 2017 г. так же был более прохладным, температура воздуха была ниже среднемноголетней на 1,2 °С, а в 2019 г. на 3,4 °С выше, в июне 2018 г. она была близка к среднемноголетней. Осадков выпало в июне меньше нормы, минимум в 2019 г. – 48,6 мм, максимум в 2017 г. – 69,9 мм. Температура в июле 2017 и 2019 гг. была близка – 17,4 и 17,5 °С соответственно, что ниже среднемноголетней, а в 2018 г.

среднесуточная температура воздуха была на уровне среднемноголетней. Большое количество осадков в июле выпало в 2017 и 2018 гг. – 152,7 и 152,2 мм при норме 87,0 мм, дефицит влаги отмечен был в 2019 г., всего выпало 67,8 мм. Август 2017 и 2018 гг. был теплым, среднесуточная температура воздуха составила 19,0 и 19,9 °С соответственно, при среднемноголетней – 18,6 °С, а в 2019 г. она была ниже – 17,7 °С. Количество выпавших осадков превысило норму только в 2019 г., всего выпало 87,3 мм (норма 78,0 мм), а в 2017 и 2018 гг. осадков было ниже нормы. Сентябрь 2018 г. по температурному режиму отличался от других лет, он был теплым, среднесуточная температура воздуха была 15,5 °С, при норме 13,3 °С. В 2017 и 2019 гг. среднесуточная температура воздуха составила 13,8 и 12,9 °С соответственно. В сентябре 2017 г. выпало больше всего осадков – 81,2 мм, что на 22,2 мм больше нормы (59,0 мм), 2018 и 2019 гг. были более сухие, всего выпало 45,2 и 42,1 мм (рис. 1 и 2).

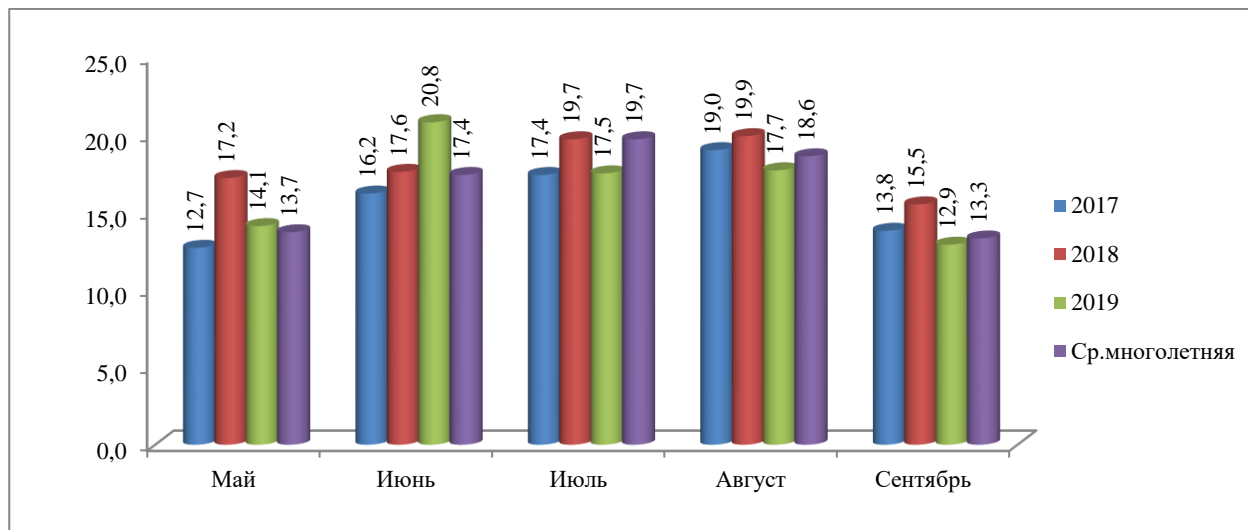


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха по месяцам в период проведения исследований, 2017–2019 гг., °С (Агрометеостанция Минск, аг. Самохваловичи Минского района Минской области)

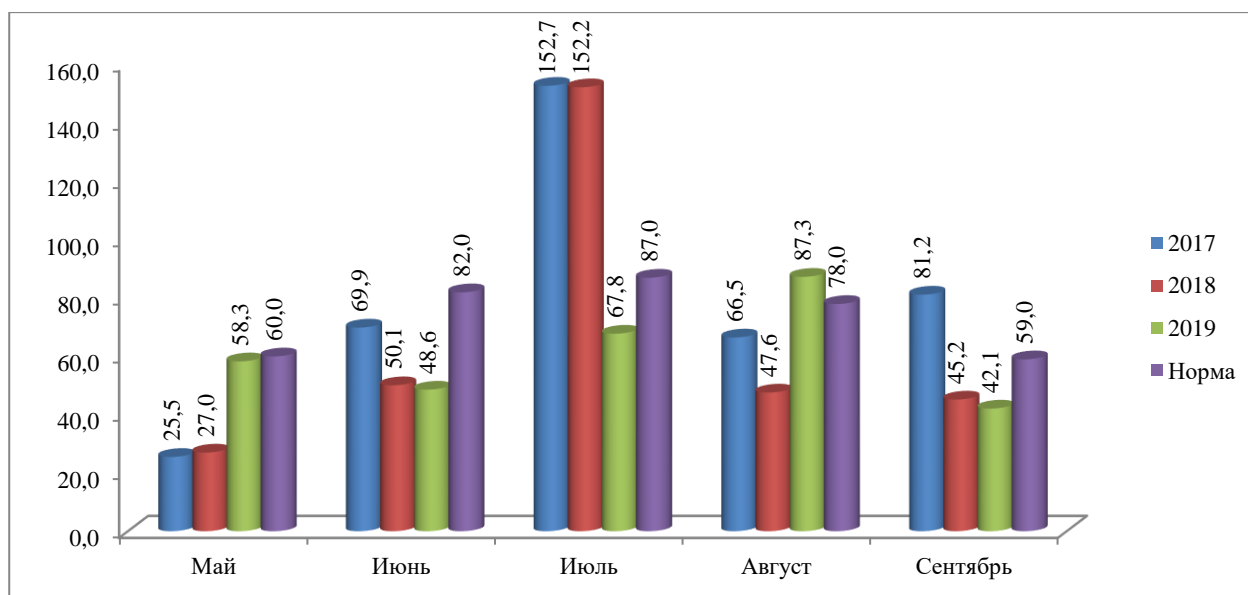


Рис. 2. Количество осадков по месяцам в период проведения исследований, 2017-2019 гг., мм, (Агрометеостанция Минск, аг. Самохваловичи Минского района Минской области)

Исследования выполняли согласно Методическим рекомендациям по специализированной оценке сортов картофеля [12]. Температуру почвы определяли с помощью почвенного термометра Esschert Design, на глубине расположения клубневого гнезда (10–20 см) [13]. Результаты исследований обработаны методами дисперсионного анализа по Методике полевого опыта Б. А. Доспехова [14] с применением лицензионных программных пакетов для ПЭВМ «Microsoft Excel» и программой «STATISTICA-10»

В результате проведенных исследований установлено, что в период закладки опытов (май) температура почвы на глубине заделки семенных клубней была оптимальной и обеспечила условия, необходимые для посадки, прорастания и появления всходов картофеля. В среднем, за май месяц температура почвы на глубине расположения клубневого гнезда при ТВ-90 составила 9,2 °С, что на 0,9 °С (изменялась от 0,5 °С в 2018 г. до 1,4 °С в 2017 г.) ниже, чем при ТВ-75 – 10,0 °С.

В период от клубнеобразования до созревания клубней (июнь-август) температура почвы на глубине расположения клубней в среднем при ТВ-90 колебалась от 9,1 °С (июнь) до 18,0 °С (июль и август), при ТВ-75 – от 10,0 °С до 19,0 °С в июне.

Установлено, что увеличение междурядий до 90 см снизило степень прогрева почвы на глубине расположения и формирование клубней картофеля по отношению к ТВ-75 на 1,6 °С в июне, на 1,2 °С в июле и августе, в сентябре – на 0,7 °С (табл. 1).

Таблица 1. Температура почвы на глубине залегания клубневого гнезда картофеля, °С, среднее за 2017–2019 гг.

Ширина междурядий (см)	Показатель	Месяц					\bar{X}_t , °С от посадки до уборки
		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
75	\bar{X}	10,1	15,1	14,4	15,8	11,2	13,3
	min-max	6,5–13,4	10,0–19,0	10,5–18,3	12,9–18,7	5,5–17,4	–
90	\bar{X}	9,2	13,5	13,2	14,6	10,5	12,2
	min-max	6,5–11,9	9,1–18,0	10,0–17,5	10,9–18,0	5,0–16,4	–
\bar{X} за месяц		9,7	14,3	13,8	15,2	10,9	12,8

Сумма эффективных температур, накопленных клубнями за период вегетации составила: при ТВ-75 в июне – 226,5 °С, июле – 446,4 °С и августе – 489,8 °С, что выше на 24,0 °С; 37,2 и 37,2 °С, чем при ТВ-90 – 202,5 °С, 409,2 и 452,6 °С соответственно. Следовательно, клубни картофеля, выращенные при ширине междурядий 90 см, накопили эффективных температур меньше, чем при ТВ-75 (табл. 2).

Таблица 2. Сумма эффективных температур, накопленных клубнями картофеля в период вегетации, °С, среднее за 2017–2019 гг.

Ширина междурядий (см)	Месяц					Σt , °С
	Май	Июнь (с 15)	Июль	Август	Сентябрь	
75	–	226,5	446,4	489,8	336,0	1498,7
90	–	202,5	409,2	452,6	315,0	1379,3

Температура почвы в сентябре (уборка) была ниже температуры воздуха на 2,9 °С при ТВ-75 см, а при ТВ-90 на 3,6 °С. Увеличение междурядий с 75 до 90 см привело к снижению прогрева почвы в среднем на 0,7 °С. Следовательно, клубни картофеля, выращенные при ширине междурядий 90 см, накопили эффективных температур на 21 °С меньше (315,0 °С), в то время как при ТВ-75 – 336,0 °С.

В среднем за годы исследований температура почвы от посадки до уборки картофеля на глубине залегания клубней была ниже при ширине междурядий 90 см на 1,1 °С (12,2 °С), по отношению к ширине 75 см – 13,3 °С. Снижение температуры почвы связано с более объемным гребнем.

Установлено, что в период вегетации картофеля клубни, выращенные при ТВ-90 см, в среднем накопили на 119,4 °С меньше эффективных температур (1379,3 °С), чем при ТВ-75 (1498,7 °С).

У клубней картофеля, выращенных при ширине междурядий 90 см, продолжительность физиологического периода покоя была больше, чем при 75 см и различалась по сортам в среднем от 3 суток у сорта Рагнеда до 8 суток у сорта Вектар, у сортов Бриз и Скарб на 7 и 6 суток соответственно.

Существенное влияние на продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля оказали условия года. В 2018 г. клубни картофеля больше всего отреагировали на изменение ширины междурядий с 75 на 90 см, продолжительность периода покоя клубней увеличилась от 3 суток (Рагнеда) до 14 суток (Вектар), меньше всего в 2017 г. (от 1 суток у сорта Скарб до 7 суток у сорта Бриз).

В среднем за годы исследований изменение ширины междурядий с 75 на 90 см оказало статистически достоверное влияние на изучаемый показатель. У сортов Скарб и Вектар период покоя составил 104 (+6) и 57 (+8) суток, а в контроле, при ширине 75 см – 98 и 49 суток. У клубней сортов Бриз и Рагнеда результаты не превышали НСР₀₅ и статистически достоверного влияния ширины междурядий на этот показатель не установлено. Период покоя клубней у изучаемых сортов картофеля не зависел от ТВ и находился на одном уровне: у сорта Рагнеда – 55 суток (ТВ-75) и 58 суток (ТВ-90); у сорта Бриз – 100 суток (ТВ-75) и 107 суток (ТВ-90) (табл. 3).

Наименьший интервал прорастания между первым и последним клубнем был отмечен у клубней сорта Вектар при ТВ-75 – 37 суток, а при ТВ-90 см – 45 суток, наибольшим он был у клубней сорта Бриз – 111 суток при ширине междурядий 75 см, а при 90 см – 97 суток.

Установлено, что возделывание картофеля при ширине междурядий 90 см повышает однотипность выращенных клубней, и они являются более однородным. Коэффициент вариации по однотипности у сортов составил: при ТВ-90 – Бриз – 57,6 %; Скарб – 35,7 % и Рагнеда – 41,0 %, а при ТВ-75 – 60,8; 37,5 и 52,1 % соответственно. У клубней сорта Вектар обратная тенденция, однородность была выше в партиях клубни, которого были выращены с шириной междурядий (75 см) – V-61,2 %, а при ТВ-90 – 69,3 %.

Таблица 3. Продолжительность физиологического периода клубней сортов картофеля в зависимости от ширины междурядий при возделывании, среднее за 2017–2019 гг.

Сорт	Ширина междурядий	Период покоя клубней, суток	Интервал прорастания, суток	$\Sigma t^{\circ}\text{C}$	V, %
Бриз	75	100	47–158	1600	60,8
	90	107	68–165	1712	57,6
НСР ₀₅ – фактор В		10,37		–	
Скарб	75	98	78–126	1568	37,5
	90	104	73–126	1664	35,7
НСР ₀₅ – фактор В		4,66		–	
Рагнеда	75	55	39–84	880	52,1
	90	58	40–81	928	41,0
НСР ₀₅ – фактор В		4,79		–	
Вектар	75	49	37–74	784	61,2
	90	57	39–88	912	69,3
НСР ₀₅ – фактор В		3,48		–	
НСР ₀₅ – фактор А		4,53		–	

Примечание – $\Sigma t^{\circ}\text{C}$ сумма температур от уборки до прорастания.

Выход клубней из состояния покоя в период длительного хранения зависит от накопленной суммы эффективной температуры в период вегетации и хранения. В среднем по сортам для выхода клубней из состояния покоя клубням необходимо накопить эффективной температуры: при ТВ-75 – Бриз – 1600 °С (от 1232 °С до 2096 °С); Скарб – 1568 (от 1140 °С до 1760 °С); Рагнеда – 880 (от 720 °С до 1152 °С) и Вектар – 784 °С (от 720 °С до 832 °С), а при ТВ-90 – 1712 °С (от 1344 °С до 2288 °С); 1664 (от 1504 °С до 1888 °С); 928 (от 768 °С до 832 °С) и 912 °С (от 768 °С до 1056 °С) соответственно.

Дисперсионный анализ показал, что основным фактором, влияющим на продолжительность физиологического периода покоя является сортовая особенность (фактор А) с долей влияния – 72,09 %, существенно повлияли условия года (фактор Е) – 18,91 %, Ширина междурядий (фактор В), как агротехнический приём выращивания картофеля значимого влияния не оказала на продолжительность физиологического периода покоя клубней сортов картофеля Бриз, Скарб, Рагнеда и Вектар, доля влияния этого фактора составила в среднем – 1,12 %, (рис. 3).

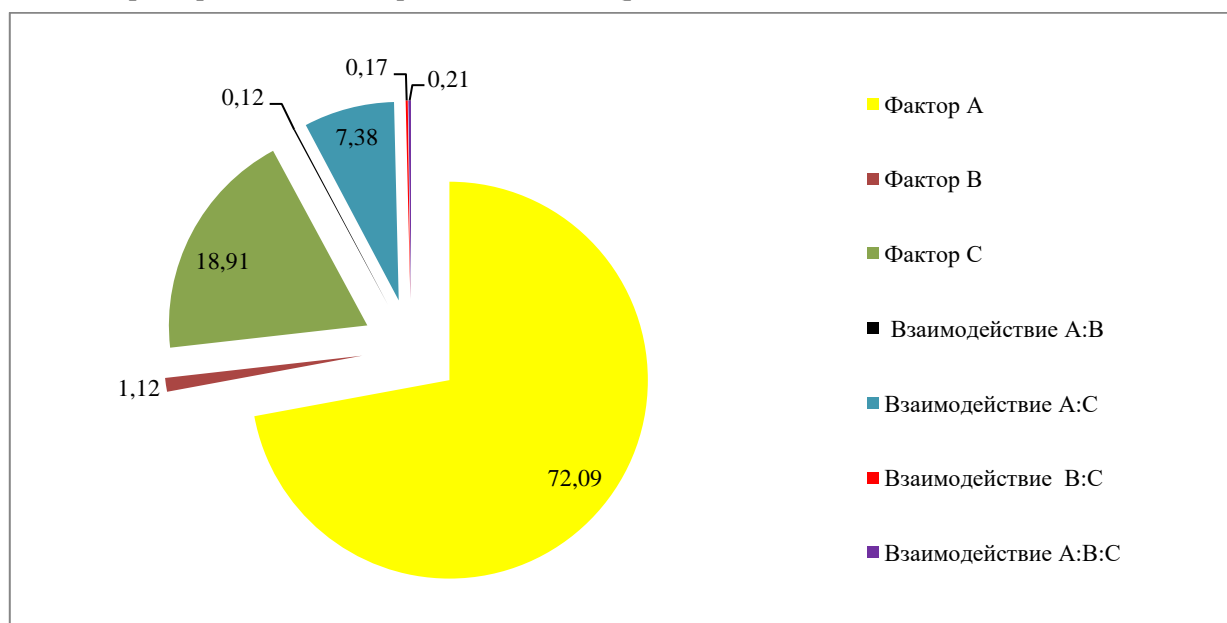


Рис. 3. Доля влияния факторов и их взаимодействие на продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля, 2017–2019 гг., %

Заклучение

Установлено, что увеличение ширины междурядий при выращивании картофеля с 75 до 90 см обеспечивает снижение температуры прогрева почвы в зоне расположения клубневого гнезда (клубней) на: 1,6 °С в июне, на 1,2 °С в июле и августе, в сентябре – на 0,7 °С.

В период вегетации картофеля клубни, выращенные при ТВ-90 см, в среднем накопили на 119,4 °С меньше эффективных температур (1379,3 °С), чем при ТВ-75 (1498,7 °С).

У клубней картофеля, выращенных при ширине междурядий 90 см, продолжительность физиологического периода покоя была больше, чем при 75 см и различалась по сортам в среднем от 3 суток у сорта Рагнеда до 8 суток у сорта Вектар, у сортов Бриз и Скарб на 7 и 6 суток соответственно.

Продолжительность физиологического периода покоя была выше у клубней, выращенных при ширине междурядий 90 см. У сортов Скарб и Вектар период покоя составил 104 (+6) и 57 (+8) суток, а в контроле, при ширине 75 см – 98 и 49 суток. У клубней сортов Бриз и Рагнеда результаты не превышали НСР₀₅. Период покоя клубней не зависел от ТВ и находился на одном уровне: у сорта Рагнеда – 55 суток (ТВ-75) и 58 суток (ТВ-90); у сорта Бриз – 100 суток (ТВ-75) и 107 суток (ТВ-90). Возделывание картофеля при ширине междурядий 90 см повышает однотипность выращенных клубней, и они являются более однородным.

Независимо от условий выращивания (ширины междурядий) клубни сортов Бриз и Скарб имеют продолжительный физиологический период покоя, а у сортов Рагнеда и Вектар – непродолжительный.

Продолжительность физиологического периода покоя клубней картофеля является сортовой особенностью с долей влияния в среднем – 72,09 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ионова А. М., Романчук Л. Р. Влияние метеорологических условий выращивания на качество и сохраняемость картофеля // Хранение и переработка картофеля, овощей, плодов и винограда: науч. тр. Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина; под ред. П. Ф. Сокола, Ж. А. Тер-Овакимяна. – М., 1979. – С. 96–106.
2. Полищук С. Ф. Комплекс мероприятий по сохранению продовольственных и семенных качеств картофеля // Хранение и переработка картофеля, овощей, плодов и винограда: науч. тр. Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина; под ред. П. Ф. Сокола, Ж. А. Тер-Овакимяна. – М., 1979. – С. 87–92.
3. Пшеченков К. А., Зейрук В. Н., Мальцев С. В. Период покоя клубней и определяющие его факторы // Защита и карантин растений. – 2007. – № 8. – С. 54–55.
4. Федорець Б. П. Вплив температури ґрунту в період вегетації рослин картоплі на проростання бульб під час зберігання // Картоплярство: респ. міжвід. темат. зб. / М-во сіл. госп-ва Укр. РСР. – Київ, 1975. – Вип. 6. – С. 121–123.
5. Федорець Б. П. Прогнозування тривалості спокою і температури зберігання картоплі // Картоплярство: респ. міжвід. темат. зб.; М-во сіл. госп-ва Укр. РСР. – Київ, 1976. – Вип. 7. – С. 91–95.
6. Семенов А. В., Новиков А. М., Гаврилов В. Н. Агрофизические параметры почвы при возделывании картофеля // Вестн. Чуваш. гос. с.-х. акад. – 2021. – № 2. – С. 99–104.
7. Старовойтова О. А., Шабанов Н. Э. Влияние ширины междурядий на температуру, влажность, плотность почвы и урожайность картофеля // Вестн. ФГОУВПО Моск. гос. агроинженер. ун-т им. Горячкина. – 2016. – № 4 (74). – С. 34–40.
8. Исследование влияния ширины междурядий на урожайность при возделывании продовольственного картофеля / В. И. Старовойтов и др. // Наука в центр. России. – 2021. – № 3 (51). – С. 40–47.
9. Кононученко Н. В. Возделывание картофеля широкорядным способом в условиях БССР: автореф. дис. ... с.-х. наук: 06.00.00; Белорус. науч.-исслед. ин-т земледелия, Белорус. науч.-исслед. ин-т плодоводства, овощеводства и картофеля. – Минск, 1968. – 20 с.
10. Рост и развитие картофеля: сб. ст. / пер. с англ. Н. А. Емельяновой; под общ. ред. и с предисл. В. П. Кирюхина. – М.: Колос, 1966. – 391 с.
11. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов. / Ин. аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В. Г. Гусаков и др. – Минск: Бел. наука, 2005. – 460 с.
12. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев и др.; сост. А. П. Грибко. – Минск: [б. и.], 2003. – 71 с.
13. Термометры метеорологические стеклянные. Технические условия = Тэрмометры метэаралагічныя шкляныя. Тэхнічныя ўмовы: ГОСТ 112-78. – Введ. РБ 17.12.92. – Минск: Госстандарт, 2013. – 14 с.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПА РАСТЕНИЙ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА ЛЕЖКОСПОСОБНОСТЬ ПЛОДОВ ЖИМОЛОСТИ СИНЕЙ И ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Н. Б. ПАВЛОВСКИЙ, Ж. А. РУПАСОВА, А. В. РАЛЬЦЕВИЧ,
О. В. ДРОЗД, К. А. ДОБРЯНСКАЯ

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220012

Н. Н. ВЕЧЕР

ГУО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220012

(Поступила в редакцию 11.04.2024)

Приведены результаты сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне Беларуси в контрастных по гидротермическому режиму сезонах 2021–2023 гг. лежкоспособности плодов 5 интродуцируемых сортов жимолости синей – *Aurora*, *Honeybee*, *Indigo Gem*, *Wojtek*, *Zojka* и районированного сорта Ленинградский великан, а также 6 сортов голубики высокорослой – раннеспелых *Chanticleer*, *Hannah's Choice*, среднеспелых *Bluegold*, *Harrison*, позднеспелых *Aurora*, *Rubel* и соответствующих данным группам спелости районированных сортов *Weymouth*, *Bluecrop* и *Elliott* при комнатной температуре. Установлено, что средняя продолжительность сохранения товарного вида плодов жимолости синей составляла всего 4,5–7 суток при естественной убыли массы 3,7–7,7 % и выходе некондиционной продукции от 2,4 до 6,4 %. При этом наиболее лежкоспособными были сорта Ленинградский великан, *Aurora* и особенно *Zojka*, тогда как наименее лежкоспособным – сорт *Honey Bee*.

Показано, что средняя продолжительность сохраняемости плодов голубики высокорослой составляла в среднем 4–15 суток при естественной убыли массы в интервале 2,2–9,8 % и выходе некондиционной продукции от 0,2 до 7,9 %. При этом наибольшей лежкоспособностью плодов на фоне максимальной потери их массы характеризовались сорта *Hannah's Choice*, *Bluegold* и *Aurora*, тогда как наименьшей продолжительностью хранения при наименьшей естественной убыли массы – сорта *Chanticleer*, *Harrison* и *Rubel*, отмеченные максимальным выходом некондиционной продукции, тогда как минимальным – сорта *Bluegold* и *Aurora*.

Ключевые слова: жимолость синяя, голубика высокорослая, сорта, плоды, хранение, комнатная температура, лежкоспособность, продолжительность хранения, естественная убыль массы, некондиционная продукция

We have presented results of a comparative study, in the southern agroclimatic zone of Belarus in the contrasting hydrothermal regime seasons of 2021–2023, of keeping quality of fruits of 5 introduced varieties of blue honeysuckle – *Aurora*, *Honeybee*, *Indigo Gem*, *Wojtek*, *Zojka* and the zoned variety *Leningradsky Giant*, as well as 6 varieties of highbush blueberry – early-ripening *Chanticleer*, *Hannah's Choice*, mid-ripening *Bluegold*, *Harrison*, late-ripening *Aurora*, *Rubel* and zoned varieties corresponding to these groups of ripeness – *Weymouth*, *Blue-crop* and *Elliott* at room temperature. It was established that the average duration of preservation of the marketable appearance of blue honeysuckle fruits was only 4.5–7 days with a natural weight loss of 3.7–7.7 % and a yield of substandard products from 2.4 to 6.4 %. At the same time, the varieties *Leningradsky Giant*, *Aurora* and especially *Zojka* were the most shelf-stable, while the *Honey Bee* variety was the least shelf-stable.

It was shown that the average shelf life of highbush blueberry fruits was on average 4–15 days with a natural loss of weight in the range of 2.2–9.8 % and a yield of substandard products from 0.2 to 7.9 %. At the same time, the varieties *Hannah's Choice*, *Bluegold* and *Aurora* were characterized by the greatest shelf life of fruits against the background of the maximum loss of their weight, while the shortest shelf life with the least natural loss of weight were in the varieties *Chanticleer*, *Harrison* and *Rubel*, marked by the maximum yield of substandard products, while the minimum was in the varieties *Bluegold* and *Aurora*.

Key words: blue honeysuckle, highbush blueberry, varieties, fruits, storage, room temperature, keeping quality, storage duration, natural weight loss, substandard products.

Введение

В настоящее время повышенным спросом у населения республики пользуются плоды интродуцированных ягодных растений – жимолости синей и голубики высокорослой, являющиеся ценным пищевым и лечебно-профилактическим продуктом, в связи с чем особый научный и практический интерес обретают вопросы их хранения, кратковременность периода которого ограничивает возможности реализации и поставок на внутренний и внешний рынки ценной ягодной продукции данных видов.

В последние годы коллекционные фонды Центрального ботанического сада НАН Беларуси пополнились пятью новыми, впервые интродуцируемыми в условиях южной агроклиматической зоны республики, сортами жимолости синей – *Aurora*, *Honey Bee*, *Indigo Gem*, *Wojtek* и *Zojka*, а также шестью новыми сортами голубики высокорослой разных сроков созревания – раннеспелыми *Chanticleer* и *Hannah's Choice*, среднеспелыми *Bluegold* и *Harrison* и позднеспелыми *Aurora* и *Rubel*, с которыми проводятся комплексные сравнительные исследования процессов их развития и метаболизма.

Одним из важнейших аспектов этой работы является оценка лежкоспособности плодов обозначенных таксонов жимолости и голубики в обычной газовой среде при комнатной температуре. При этом в качестве стандартных сортов (эталонов сравнения) в исследованиях с жимолостью синей

участвовал районированный сорт *Ленинградский великан*, а в исследованиях с голубикой высокорослой использованы соответствующие приведенным выше группам спелости районированные сорта *Weymouth*, *Bluescrop* и *Elliott*.

На основе этих исследований выявлены интродуценты, наиболее перспективные по продолжительности хранения плодов для районирования в Беларуси и для использования в селекционном процессе.

Основная часть

Исследования выполнены в 2021–2023 гг. в южной агроклиматической зоне республики на экспериментальном участке отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений ЦБС НАН Беларуси (Ганцевичский р-н Брестской обл.) на осушенной торфяно-болотной почве. Погодные условия вегетационного периода в годы наблюдений характеризовались выраженной контрастностью. Так, в первом сезоне во время активного формирования плодов опытных растений установилась сухая и жаркая погода с превышением на 21–22 % средней многолетней нормы температурных показателей, тогда как на протяжении большей части второго и третьего вегетационных сезонов температурный фон был заметно ниже нормы при неравномерном выпадении атмосферных осадков, что привело к запаздыванию сроков созревания плодов.

По достижении плодами жимолости и голубики состояния съемной зрелости их собирали и закладывали на хранение. В качестве тары использовали одноразовые пищевые пластиковые контейнеры с отверстиями объемом 400 мл (Т 602 для ягод и фруктов с крышками Т 601). Образцы формировали только из внешне здоровых плодов. При этом подсчитывали количество ягод в каждой упаковке и определяли их массу. Образцы хранили в лабораторном помещении при комнатной температуре и относительной влажности воздуха 40–50 %. Оценку состояния плодов проводили каждые 2 дня путем разбора на фракции и взвешивания с последующей выбраковкой нестандартных плодов (пораженных болезнями и имеющих физиологические расстройства). При этом учитывали следующие показатели (в %) – естественную убыль массы, а также выход здоровых и нестандартных плодов. На основании полученных данных определяли сохраняемость последних в сутках, в качестве критерия которой принимали максимальный срок хранения, в течение которого они сохраняли потребительские качества, а общие потери (естественная убыль + нестандарт) не превышали 10 % [1]. Результаты данных исследований статистически обработаны с использованием программы Excel.

Исследование лежкоспособности плодов жимолости синей, сформированных в погодных условиях сезонов 2022 и 2023 гг., весьма близких между собой по среднему температурному фону, но при дефиците влаги в первом случае и ее чрезмерном избытке во втором, при хранении в обычной газовой среде при комнатной температуре, показало, что в этих условиях плоды жимолости сохраняли свой товарный вид в течение лишь 4–9 сут., причем в первом сезоне наибольшей лежкоспособностью характеризовался районированный сорт *Ленинградский великан*, во втором – *Zojka*, а наименьшей – в первом случае *Honey Bee* и *Indigo Gem*, во втором – *Wojtek* (табл. 1).

Таблица 1. Сохраняемость плодов интродуцированных сортов жимолости синей при комнатной температуре

Сорт	Сохраняемость, сут.	Естественная убыль массы, %	Некондиция, %
2022 г.			
Ленингр. великан	8±1	5,3±0,2	4,7±0,2
Aurora	5±0*	5,0±0,1	5,0±0,1
Honey Bee	4±0*	2,1±0,1*	7,9±0,1*
Indigo Gem	4±0*	4,2±0,1*	5,8±0,1*
Wojtek	5±0*	2,7±0,1*	7,3±0,1*
Zojka	5±0*	6,2±0,2*	3,8±0,2*
НСР _{0,05}	1,7	0,62	0,62
2023 г.			
Ленингр. великан	5±0	8,1±0,4	1,9±0,4
Aurora	6±0*	4,6±0,2*	5,4±0,2*
Honey Bee	6±0*	5,2±0,1*	4,8±0,1*
Indigo Gem	6±0*	6,7±0,2*	3,3±0,2*
Wojtek	4±0*	7,3±0	2,7±0
Zojka	9±0*	9,1±0,2*	0,9±0,2*
НСР _{0,05}	0,7	1,03	1,03
Среднее за 2 года			
Ленингр. великан	6,5	6,7	3,3
Aurora	5,5	5,3	5,2
Honey Bee	5,0	3,7	6,4
Indigo Gem	5,0	5,5	4,6
Wojtek	4,5	5,0	5,0
Zojka	7,0	7,7	2,4

При этом в оба года наблюдений наиболее значительной убылью массы плодов в процессе хранения характеризовались сорта *Ленинградский великан* и особенно *Zojka*, тогда как наименьшей – сорта *Honey Bee* (2022 г.) и *Aurora* (2023 г.), а максимальное количество некондиционных плодов обнаружено у сорта *Honey Bee*, а во втором сезоне также у сорта *Aurora*, тогда как минимальное – у сортов *Zojka* и особенно *Ленинградский великан*. Нетрудно убедиться, что на фоне генотипических различий исследуемых признаков, отчетливо проявилось влияние на них погодных условий вегетационного периода.

В связи с этим проведено сравнение в таксономическом ряду анализируемых показателей, усредненных в двухлетнем цикле наблюдений, показавшее, что средняя продолжительность сохранения товарного вида плодов жимолости составляла всего 4,5–7 сут. при лидирующем положении сорта *Zojka*, которому лишь незначительно уступал в этом плане районированный сорт *Ленинградский великан*, тогда как наименьшей лежкоспособностью отмечен сорт *Wojtek*. (табл. 1). Вместе с тем у сорта *Ленинградский великан* в процессе хранения выявлена наибольшая в таксономическом ряду естественная убыль массы, несколько уступающая таковой у сорта *Zojka*, при минимальном у обоих таксонов количестве некондиционных плодов, тогда как максимальное количество последних обнаружено у сорта *Honey Bee*.

Таким образом, несмотря на выявленные межсезонные различия в продолжительности хранения плодов жимолости синей при комнатной температуре, наиболее лежкоспособными следовало признать сорта *Ленинградский великан*, *Aurora* и особенно *Zojka*, тогда как наименее лежкоспособным – сорт *Honey Bee*.

Определение лежкоспособности плодов исследуемых сортов голубики высокорослой урожая 2021–2023 гг. при хранении в обычной газовой среде при комнатной температуре показало существенную зависимость данного показателя как от погодных условий вегетационного периода, так и от генотипа опытных растений, на что указывала значительная ширина диапазонов варьирования в таксономических рядах и в трехлетнем цикле наблюдений продолжительности хранения ягодной продукции. Так, плоды раннеспелых сортов сохраняли свой товарный вид в течение 4–15 сут., среднеспелых – 4–13, а позднеспелых – 5–15 сут. при наименьшей продолжительности их хранения в 2021 г. (табл. 2).

Таблица 2. Сохраняемость плодов сортов голубики высокорослой в условиях обычной газовой среды при комнатной температуре

Сорт	Сохраняемость, сут.	Естественная убыль массы, %	Некондиция, %
2021 г.			
Раннеспелые сорта			
Weymouth (st)	4±1	6,5±0,3	3,5±0,3
Chanticleer	5±1	3,7±0,9*	6,3±0,9*
Hannah's Choice	7±0*	5,9±0,5	4,1±0,5
HCP _{0,05}	2,9	2,5	2,3
Среднеспелые сорта			
Bluecrop (st)	6±1	5,5±0,3	4,5±0,3
Bluegold	10±2*	7,9±0,8*	2,1±0,8*
Harrison	4±1*	3,3±1,2*	6,7±1,2*
HCP _{0,05}	2,0	2,1	1,9
Позднеспелые сорта			
Elliott (st)	13±2	8,0±0,2	2,0±0,2
Aurora	15±3*	8,7±0,1	1,3±0,1
Rubel	7±1*	4,7±0,4*	5,3±0,4*
HCP _{0,05}	2,0	1,7	1,6
2022 г.			
Раннеспелые сорта			
Weymouth (st)	12±0	7,5±0,1	2,7±0,1
Chanticleer	9±0*	4,6±0,1*	5,4±0,1*
Hannah's Choice	15±1*	6,0±0,6*	4,0±0,7*
HCP _{0,05}	3,0	1,4	1,5
Среднеспелые сорта			
Bluecrop (st)	12±0	6,9±0,2	3,1±0,1
Bluegold	13±2	7,3±0,4	2,7±0,4
Harrison	9±1*	4,8±0,8*	5,2±0,8*
HCP _{0,05}	2,9	2,0	2,0
Позднеспелые сорта			
Elliott (st)	12±1	7,6±0,1	2,4±0,1
Aurora	15±2*	7,5±0,2	2,5±0,2
Rubel	10±0*	6,0±0,4*	4,0±0,4*
HCP _{0,05}	2,8	1,3	1,5
2023 г.			
Раннеспелые сорта			
Weymouth (st)	11±0	6,2±0,7	3,8±0,7
Chanticleer	5±0*	9,8±0,1*	0,2±0,1*

Hannah's Choice	11±2	8,2±0,8*	1,8±0,8*
HCP _{0,05}	3,2	2,0	2,0
Среднеспелые сорта			
Bluecrop (st)	7±0	5,3±0,0	4,7±0,0
Bluegold	11±1*	5,8±0,4	4,2±0,4
Harrison	6±0	2,2±0,5*	7,9±0,5*
HCP _{0,05}	3,2	2,5	2,5
Позднеспелые сорта			
Elliott (st)	14±0	7,0±0,4	3,0±0,4
Aurora	13±1	6,4±0,1	3,6±0,1
Rubel	5±0*	3,3±0,2*	6,7±0,2*
HCP _{0,05}	2,6	1,6	1,6

Примечание – Звездочка (*) – статистически значимые различия со стандартным сортом при $p < 0,05$.

При этом во все годы исследований среди новых интродуцируемых таксонов голубики наибольшей лежкоспособностью ягодной продукции характеризовались сорта *Hannah's Choice*, *Bluegold* и *Aurora*, тогда как наименьшей – сорта *Chanticleer*, *Harrison* и *Rubel*. Вместе с тем, как и у жимолости синей, при хранении плодов голубики при комнатной температуре в большинстве случаев выявлена обратная связь между изменением естественной убыли массы плодов и выходом некондиционной продукции (табл. 2).

Установлено, что на протяжении трехлетнего периода исследований естественная убыль массы плодов ранне-, средне- и позднеспелых сортов голубики в процессе хранения при комнатной температуре варьировалась в соответствующих диапазонах – 3,7–9,8; 2,2–7,9 и 3,3–8,7 %. При этом наиболее значительные потери их массы при минимальном выходе некондиционной продукции установлены у сортов *Hannah's Choice*, *Bluegold* и *Aurora*, а наименьшее снижение массы при наибольшем количестве поврежденных плодов – у сортов *Chanticleer*, *Harrison* и *Rubel*.

Заключение

В результате сравнительного исследования в южной агроклиматической зоне Беларуси (Ганцевичский р-н Брестской обл.) в контрастных по гидротермическому режиму сезонах 2021–2023 гг. (первый – преимущественно жаркий и сухой, а два последующих характеризовались пониженным температурным фоном при дефиците влаги во втором сезоне и ее избытке в третьем) лежкоспособности плодов 5 новых интродуцируемых сортов жимолости синей – *Aurora*, *Honeybee*, *Indigo Gem*, *Wojtek*, *Zojka* и районированного сорта *Ленинградский великан*, а также 6 сортов голубики высокорослой – раннеспелых *Chanticleer*, *Hannah's Choice*, среднеспелых *Bluegold*, *Harrison*, позднеспелых *Aurora*, *Rubel* и соответствующих данным группам спелости районированных сортов *Weymouth*, *Bluecrop* и *Elliott* при комнатной температуре установлена существенная зависимость данного показателя от генотипа растений и погодных условий вегетационного периода.

Показано, что средняя продолжительность сохранения товарного вида плодов жимолости синей составляла всего 4,5–7 суток при естественной убыли массы 3,7–7,7 % и выходе некондиционной продукции от 2,4 до 6,4 %, При этом, несмотря на выявленные межсезонные различия в продолжительности хранения плодов жимолости синей, наиболее лежкоспособными при комнатной температуре следовало признать сорта *Ленинградский великан*, *Aurora* и особенно *Zojka*, тогда как наименее лежкоспособным – сорт *Honey Bee*.

Установлено, что средняя продолжительность сохраняемости плодов ранне-, средне- и позднеспелых сортов голубики при комнатной температуре составляла в среднем 4–15 суток при естественной убыли массы в интервале 2,2–9,8 % и выходе некондиционной продукции от 0,2 до 7,9 %. При этом наиболее продолжительными сроками хранения плодов голубики на фоне наибольшей потери их массы характеризовались сорта *Hannah's Choice*, *Bluegold* и *Aurora*, тогда как наименьшей продолжительностью хранения при наименьшей естественной убыли массы – сорта *Chanticleer*, *Harrison* и *Rubel*, отмеченные максимальным выходом некондиционной продукции, тогда как минимальным – сорта *Bluegold* и *Aurora*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бейдеман И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. – Новосибирск: Наука, 1974. – 156 с.
2. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов // Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – Москва: Наука, 1973. – 256 с.
3. Способ ранжирования таксонов растения / Ж. А. Рупасова и др. // Минск: Патент на изобретение №17648 от 08.07.2013.
4. Scibisz, I. The changes of antioxidant properties in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) during freezing and long-term frozen storage / I. Scibisz, M. Mitek // Acta Sci. Pol., Technol. Aliment, 2007 – 6 (4). – P. 75–82.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СЕЗОННУЮ ДИНАМИКУ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРНЕОБИТАЕМОЙ ЗОНЫ ВЫРАБОТАННОГО ТОРФЯНИКА ВЕРХОВОГО ТИПА ПОД ПОСАДКАМИ РАСТЕНИЙ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Ж. А. РУПАСОВА, А. П. ЯКОВЛЕВ, Г. И. БУЛАВКО,
С. П. ЗИМИЧ, К. А. ДОБРЯНСКАЯ

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220012

Э. И. КОЛОМИЕЦ

ГНПО «Химический синтез и биотехнологии НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220141

З. М. АЛЕЩЕНКОВА

ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220084

(Поступила в редакцию 12.04.2024)

Приведены результаты исследования в опытной культуре в географически удаленных на 250 км друг от друга Смолевичском р-не Минской обл. и в более северном Докшицком р-не Витебской обл. на рекультивируемых участках торфяной выработки верхового типа влияния минерального Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д.в.) и отечественных биологических удобрений - азотфиксирующего и фосфатмобилизирующего микробного MaKloP в 5- и 10%-ной концентрациях, а также органо-минерального Экогум-комплекс на сезонную динамику основных характеристик микробиоты корнеобитаемой зоны торфяного субстрата под посадками растений клюквы крупноплодной - раннеспелого Ben Lear и позднеспелого Stevens в рамках идентичных полевых экспериментов. Выявлены профилирующие тенденции в их сезонной динамике с оценкой влияния на нее биотических и абиотических факторов. Показано, что независимо от географического положения района исследований, генотипа и возраста растений клюквы, а также вида удобрений, наблюдалось преимущественное усиление дыхательной активности микробиоценозов в первой половине вегетационного периода с достижением максимальных значений в июле и последующее снижение к окончанию сезона. При этом в динамике метаболической активности аналогичные тенденции прослеживались в основном в Докшицком р-не, тогда как в Смолевичском значительное влияние на нее оказывал возраст культуров. В отличие от данных характеристик микробиоты, сезонный ход изменений численности (массы) микроорганизмов в основном определялся географическим положением района исследований и в меньшей степени видом удобрений. Установлено наименьшее проявление индивидуального характера влияния испытываемых агроприемов на массу микроорганизмов и наибольшее на показатели дыхательной и метаболической активности микробиомов.

Ключевые слова: выработанный торфяник, клюква крупноплодная, сорта, минеральные и биологические удобрения, микробиоценоз, микробная масса, дыхательная и метаболическая активность.

We have presented results of research into crops in geographically distant districts located 250 km from each other: Smolevichi district of the Minsk region, and the more northern Dokshitsy district of Vitebsk region. The experiment was in the reclaimed areas of high-moor peat excavation, under the influence of mineral Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ kg/ha of acting substance) and domestic biological fertilizers – nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing microbial MaKloR in 5 and 10 % concentrations, as well as the organo-mineral Ecohum complex. We examined seasonal dynamics of the main characteristics of microbiota of the root zone of peat substrate under plantings of large-fruited cranberry plants – early-ripening Ben Lear and late-ripening Stevens in the framework of identical field experiments. Profiling trends in their seasonal dynamics were identified with an assessment of the influence of biotic and abiotic factors on it. It was shown that, regardless of the geographical location of the study area, the genotype and age of cranberry plants, as well as the type of fertilizer, there was a predominant increase in the respiratory activity of microbial communities in the first half of the growing season, reaching maximum values in July and a subsequent decrease towards the end of the season. At the same time, in the dynamics of metabolic activity, similar trends were observed mainly in the Dokshitsy district, while in the Smolevichi district it was significantly influenced by the age of the cultivars. In contrast to these characteristics of the microbiota, the seasonal course of changes in the number (mass) of microorganisms was mainly determined by the geographical location of the study area and, to a lesser extent, by the type of fertilizer. The least manifestation of the individual nature of influence of the tested agricultural practices on the mass of microorganisms and the greatest on the indicators of respiratory and metabolic activity of microbiomes were established.

Key words: exhausted peat bog, large-fruited cranberry, varieties, mineral and biological fertilizers, microbial community, microbial mass, respiratory and metabolic activity.

Введение

В связи с совершенствованием разработанной учеными Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси технологии фиторекультивации выбывших из промышленной экс-

плуатации торфяных месторождений верхового типа путем создания локальных агроценозов интродуцированных сортов клюквы крупноплодной на основе соблюдения принципов органического земледелия, особого внимания заслуживают вопросы оптимизации минерального питания данной культуры с использованием экологически безопасных биологических удобрений. Значительный интерес при этом обретает комплексное исследование влияния на сезонную динамику основных характеристик микробоценозов, формирующихся в корнеобитаемой зоне субстрата под посадками разновозрастных растений модельных сортов клюквы, не только традиционно применяемого при ее возделывании полного минерального удобрения, но и разработанных в УП «Белуниверсалпродукт» (Республика Беларусь) и в Институте микробиологии НАН Беларуси новых биологических препаратов – органо-минерального (Экогум-комплекс) и бактериального (МаКлоР), соответствующих биологической природе данного интродуцента. Их применение представляется особо актуальным в связи с принятым в Беларуси в 2018 г. Законом об органическом земледелии, существенно ужесточающим требования к качеству экологически чистой растениеводческой продукции, при производстве которой ограничено использование любых химических средств, в том числе минеральных удобрений. В этой связи в 2020–2021 гг. в рамках полевых экспериментов на рекультивируемых участках выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений верхового типа – «Радемье-Зеленоборское» в Смолевичском р-не Минской обл. и «Рамжино-Журавлевское» в удаленном на 250 км к северу Докшицком р-не Витебской обл. в рамках однотипных полевых экспериментов с применением вышеуказанных удобрений проведены сравнительные исследования микробиологических свойств торфяного субстрата в корнеобитаемой зоне виргинильных и генеративных растений раннеспелого *Ben Lear* и позднеспелого *Stevens* модельных сортов клюквы крупноплодной.

Основная часть

Основные наблюдения выполнены в условиях сезона 2020 г., характеризовавшегося преимущественно близкими к средней климатической норме или несколько уступавшими ей температурными показателями при наиболее теплом июне, в котором в обоих районах исследований отмечено превышение их средних многолетних значений на 21–36 %. При этом данный сезон характеризовался весьма неравномерным выпадением осадков, обусловившим в Смолевичском р-не дефицит влаги в пределах 5–77 % в апреле, мае, июле и сентябре при ее избытке на 14–68 % в июне и августе. В Докшицком же р-не практически на всем протяжении вегетационного периода наблюдался острый дефицит влаги с отставанием количества выпавших осадков от средней многолетней нормы на 28–47 %, и лишь в мае оно превысило ее на 12 %.

В обоих районах исследования осуществлены в рамках однотипных полевых экспериментов с 5 – вариантной схемой: **1** – контроль, без внесения удобрений; **2** – припосадочное (в мае) луночное внесение минерального удобрения Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д.в.) из расчета 1,5 г под растение; **3** – некорневая обработка вегетирующих растений раствором удобрения Экогум-комплекс в концентрации 15 мл на 3 л воды из расчета 75 мл на растение; **4** – припосадочное (в мае) луночное внесение 5%-ного раствора препарата МаКлоР из расчета 0,2 л под растение; **5** – припосадочное (в мае) луночное внесение 10%-ного раствора препарата МаКлоР из расчета 0,2 л под растение. Повторность опытов трехкратная, в каждом варианте высажено по 15 растений каждого сорта клюквы крупноплодной.

Исследование микробиологических свойств торфяного субстрата в полевых экспериментах осуществляли трижды за сезон. Определение массы активно функционирующих микроорганизмов в торфяном субстрате проводили с использованием физиологического метода [1] в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Общеизвестно, что микроорганизмы в почве находятся как в активном, так и в покоящемся состоянии (в виде спор). Поскольку многочисленные экологические функции может выполнять только активная часть микробного населения, то становится понятным интерес исследователей к ее изучению. По данным И. Д. Гродницкой [2], масса гетеротрофных микроорганизмов в болотной почве таежной зоны на глубине 0–10 см составляет лишь около 150 мкг С/г.

В нашем же эксперименте запасы активно функционирующей микробной массы в корнеобитаемом слое выработанного торфяника соответствовали значениям, свойственным слаборазвитому микробоценозу. Так, в 2020 г., принятом нами в качестве примера, в котором анализ микробиоты в обоих районах исследований осуществлялся на протяжении всего вегетационного периода, исходная величина данного показателя варьировалась в рамках эксперимента в диапазоне 283–489 мкг С/г торфа,

что было вполне сопоставимо с результатами, полученными нами ранее в этом районе под посадками вересковых [3].

Широко применяемым при оценке микробиологической активности информативным показателем является дыхание почвы, обеспечиваемое двумя основными живыми компонентами – корнями растений и почвенными микроорганизмами (за счет трансформации органического вещества), причем вклад последних в общее количество выделяемой двуокиси углерода может достигать 90 % [4]. В наших же исследованиях величина данного показателя варьировалась в рамках эксперимента в диапазоне 25–45 мкг CO₂/г торфа в сутки.

Интегральным показателем активности микробоценоза считается метаболический коэффициент (qCO₂), представляющий собой отношение интенсивности дыхания почвы к микробной массе. Как правило, определение последней проводят в лабораторных условиях, с использованием биохимических или кинетических методов, что предполагает предварительное получение коэффициентов пересчета. Поскольку данные методы трудно сопоставимы между собой, для упрощения и стандартизации процедуры определения метаболического коэффициента, вместо величины микробной массы предложено использовать скорость субстрат-индуцированного дыхания [5]. В этом случае значение метаболического коэффициента рассчитывают, как отношение скоростей выделения CO₂ из небогатого торфа (V_{basal}) и торфа, в который внесен избыток доступного дыхательного субстрата (V_{SIR}), в частности, глюкозы, (qCO₂ = V_{basal}/V_{SIR}). Данный способ расчета существенно упрощает процедуру определения данного показателя и позволяет проводить сравнение результатов, полученных разными авторами.

К примеру, для микробоценозов болот таежной зоны он обычно варьируется в интервале 0,01–0,1 [2]. В нашем эксперименте в Смолевичском р-не коэффициент метаболической активности микробиоты корнеобитаемой зоны субстрата также не превышал 0,09–0,11, а в Докшицком р-не оказался еще ниже –0,05–0,08, что свидетельствовало о весьма слабой микробиологической активности торфяного субстрата в обоих районах исследований (табл.1 и.2).

Как и в наших более ранних аналогичных исследованиях с другим представителем вересковых – голубикой высокорослой [3], в эксперименте с клюквой крупноплодной в период наблюдений выявлены весьма выразительные генотипические, возрастные, межвариантные, а также внутри- и межсезонные различия основных характеристик микробиоты в корнеобитаемом слое субстрата, что объясняется не только индивидуальными условиями развития и функционирования микробоценозов, создаваемыми модельными сортами на фоне испытываемых агроприемов, но и существенным влиянием на данные процессы комплекса биотических и абиотических факторов. При этом на протяжении всего периода наблюдений, независимо от генотипа растений, во всех вариантах опыта прослеживалась определенная общность тенденций в сезонной динамике исследуемых показателей.

Общеизвестно, что динамика численности микроорганизмов включает кратковременные и сезонные изменения. При этом в почвах зонально-географического ряда периоды активного развития почвенного микробиома в годовом цикле приходится на разное время, в зависимости от типа субстрата и сформированных на нем растительных комплексов, а также от гидротермического режима сезона и сроков поступления органических остатков в зону ризогенеза. В условиях средней полосы с умеренным климатом обычно выделяются весенний и осенний максимумы активности почвенных микроорганизмов с некоторым снижением ее летом при уменьшении в почве запасов влаги, а также в холодный зимний период года [6]. Наряду с этим определенные коррективы в развитие и растений, и микроорганизмов вносит также гидротермический режим вегетационного периода. Рассмотрим особенности этого процесса в корнеобитаемой зоне торфяного субстрата в контрольном варианте опытов в обоих районах исследований на примере типичного для Беларуси по погодным условиям сезона 2020 г.

Определение дыхательной активности микроорганизмов под посадками разновозрастных растений клюквы в контрольном варианте опыта выявило существенные различия. Так, в Смолевичском р-не под генеративными растениями сорта *Ben Lear* выделение CO₂ оказалось заметно менее значительным, чем под виргинильными. Тем не менее в обоих случаях прослеживалась однотипная, но выраженная в разной степени, сезонная динамика данного показателя, характеризовавшаяся усилением выделения двуокиси углерода от мая к июлю и последующим его снижением к сентябрю. При этом и под виргинильными, и под генеративными растениями раннеспелого сорта к середине вегетационно-

го периода отмечено усиление на 84 и 80 % выделения CO₂ по сравнению с началом сезона и последующее его ослабление на 14 и 21 % к его завершению. Подобная динамика сезонных изменений дыхательной активности торфяного субстрата в контроле при относительной сопоставимости ее абсолютных значений под посадками виргинильных и генеративных растений наблюдалась также под посадками сорта *Stevens*. При этом в ней прослеживалось увеличение к июлю выделения CO₂ на 67 и 85 % при снижении данного показателя к сентябрю на 27 и 29 % (табл. 1).

Величина микробной массы под виргинильными растениями раннеспелого сорта в контрольном варианте опыта, как и дыхательная активность, на протяжении большей части сезона оказалась выше, чем под генеративными растениями, но в обоих случаях характеризовалась сходным характером сезонных изменений с максимумом в середине вегетационного периода и снижением на 26 % к его окончанию. При этом под генеративными растениями раннеспелого сорта сезонная динамика численности микроорганизмов была аналогичной выявленной для дыхательной активности с ее увеличением к июлю на 11 % по сравнению с началом сезона и снижением на 22 % к его завершению.

Что касается позднеспелого сорта клюквы, то в отличие от раннеспелого, на протяжении большей части вегетационного периода величина микробной массы под виргинильными растениями оказалась ниже, чем под генеративными, с максимальным значением в начале и постепенным снижением на 10 % к концу сезона. Вместе с тем под генеративными растениями сорта *Stevens* ход сезонных изменений микробной массы был таким же, как у дыхательной активности, и характеризовался весенне-летним подъемом на 13 % и идентичным по величине снижением к сентябрю. На наш взгляд, выявленные различия в динамике данного показателя под посадками разновозрастных растений позднеспелого сорта клюквы обусловлены более развитой у генеративных растений корневой системой, снабжающей верхний слой субстрата большим, чем у менее мощных растений раннеспелого сорта, количеством метаболитов, являющихся основным источником углерода и энергии для функционирования микроорганизмов.

Что касается коэффициента метаболической активности микробиома в контрольном варианте опыта под посадками виргинильных растений раннеспелого сорта *Ben Lear*, то для него показано отсутствие значимых изменений в первой половине вегетационного периода и повышение на 90 % во второй, тогда как под генеративными растениями наблюдалось увеличение данного показателя в весенне-летний период на 60 % с последующей его стабилизацией на достигнутом уровне до конца сезона. В отличие от раннеспелого сорта, метаболическая активность микробиома под виргинильными растениями позднеспелого сорта *Stevens* в контрольном варианте опыта в первой половине сезона характеризовалась снижением на 50 % и последующим повышением на 160 % к концу вегетации. Противоположная картина сезонной динамики величины данного показателя наблюдалась в микробиоме под генеративными растениями позднеспелого сорта с ее увеличением на 27 % до максимального уровня в середине вегетационного периода и снижением на 21 % к его окончанию (табл. 1).

При сравнении сезонных изменений исследуемых характеристик микробиомов под посадками разновозрастных растений модельных сортов клюквы в контрольном варианте аналогичного эксперимента в более северном Докшицком р-не выявлены как черты сходства, так и определенные различия со Смолевичским р-ном, обусловленные влиянием географического фактора. Так, под виргинильными растениями ранне- и позднеспелого сортов первая половина вегетационного периода здесь отмечена заметной стабильностью численности микроорганизмов, тогда как вторая – ее увеличением соответственно на 37 и 63 %. При этом для генеративных растений, представленных только сортом *Stevens*, в весенне-летний период показано снижение данного показателя на 28 % и его увеличение на 48 % к завершению сезона (табл. 2).

Таблица 1. Основные характеристики микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата под посадками растений клюквы крупноплодной в вариантах полевого опыта с использованием удобрений в Смолевичском р-не в зависимости от времени года

Вариант опыта	Май			Июль			Сентябрь		
	С _{биом} , мкг/г торфа	дыхание, мкг CO ₂ /г торфа в сутки	метаболический коэффициент	С _{биом} , мкг/г торфа	дыхание, мкг CO ₂ /г торфа в сутки	метаболический коэффициент	С _{биом} , мкг/г торфа	дыхание, мкг CO ₂ /г торфа в сутки	метаболический коэффициент
Виргинильные растения									
сорт Ben Lear									
1	381,3±9,7	40,1±1,1	0,09	382,3±8,4	73,6±2,3	0,10	283,2±7,5	63,1±0,8	0,19
2	305,0±15,1	28,8±1,1	0,08	303,2±7,9	68,1±2,2	0,07	258,9±6,6	54,1±0,7	0,18
3	212,7±9,4	29,8±1,1	0,12	268,3±14,0	60,1±1,2	0,08	279,8±17,8	49,4±0,8	0,15
4	300,0±15,7	34,1±0,5	0,10	324,5±13,9	37,5±1,0	0,11	281,2±7,2	59,7±1,4	0,18
5	222,6±25,3	33,3±0,6	0,13	380,9±8,2	73,1±0,7	0,08	343,6±12,5	42,9±2,0	0,11
сорт Stevens									
1	359,6±15,4	40,4±0,5	0,10	338,9±7,9	67,4±1,4	0,05	326,9±7,0	49,2±1,0	0,13
2	307,5±9,7	42,5±1,1	0,12	311,9±13,4	79,9±2,3	0,09	331,6±13,5	51,7±2,0	0,13
3	271,6±1,6	37,4±2,5	0,12	328,1±8,4	63,7±2,4	0,08	360,2±7,2	61,7±1,6	0,15
4	266,7±15,7	36,1±2,6	0,11	324,9±7,2	45,9±1,3	0,05	269,9±6,9	46,8±0,8	0,15
5	273,2±8,9	33,6±0,5	0,10	302,1±8,8	58,1±1,4	0,09	307,4±6,6	44,0±2,6	0,12
Генеративные растения									
сорт Ben Lear									
1	335,8±85,8	38,3±1,6	0,10	371,6±8,7	68,9±1,5	0,16	288,6±6,9	54,8±1,4	0,16
2	342,2±8,8	26,5±1,5	0,07	338,9±8,8	64,7±1,3	0,16	336,6±13,7	56,3±0,8	0,14
3	236,5±15,4	29,3±0,8	0,11	374,4±9,0	67,1±1,4	0,15	320,8±12,6	39,4±1,4	0,10
4	321,8±8,3	36,7±1,5	0,10	353,2±8,9	66,9±1,4	0,16	273,4±11,7	56,3±1,3	0,17
5	297,2±26,5	37,7±1,3	0,11	310,0±8,6	58,8±0,8	0,16	302,3±13,0	52,3±3,9	0,15
сорт Stevens									
1	357,2±15,3	35,8±1,6	0,11	404,8±14,3	66,3±1,9	0,14	351,4±12,7	47,0±0,8	0,11
2	436,2±7,9	38,6±1,8	0,08	350,4±16,1	64,9±3,8	0,16	220,4±11,5	47,1±1,3	0,18
3	339,0±30,4	34,2±2,7	0,09	387,7±21,8	61,7±5,2	0,14	304,4±17,8	41,9±5,7	0,12
4	363,6±15,8	30,0±2,8	0,07	440,9±43,7	73,1±1,3	0,14	339,7±7,3	58,8±4,4	0,15
5	393,4±17,5	44,3±1,5	0,1	362,5±8,1	51,2±0,7	0,12	249,1±7,0	46,7±2,7	0,16

Таблица 2. Основные характеристики микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата под посадками растений клюквы крупноплодной в вариантах полевого опыта с использованием удобрений в Докшицком р-не в зависимости от времени года

Вариант опыта	Май			Июль			Сентябрь		
	С биом, мкг/г торфа	дыхание, мкг CO ₂ /г торфа в сутки	метаболический коэффициент	С биом, мкг/г торфа	дыхание, мкг CO ₂ /г торфа в сутки	метаболический коэффициент	С биом, мкг/г торфа	дыхание, мкг CO ₂ /г торфа в сутки	метаболический коэффициент
Виргинильные растения									
сорт Ben Lear									
1	312,4±18,24	29,1±1,1	0,08	288,8±18,1	61,3±5,9	0,18	395,9±9,2	40,7±1,4	0,09
2	308,2±7,2	30,4±1,1	0,08	312,7±16,4	79,5±2,8	0,22	448,7±18,3	35,1±1,4	0,07
3	373,5±7,4	25,8±0,7	0,06	347,6±16,4	64,0±7,5	0,16	427,6±16,8	34,4±0,8	0,07
4	334,6±7,2	21,8±0,6	0,06	338,3±9,9	63,1±4,9	0,16	364,5±15,6	30,2±0,7	0,07
5	309,7±18,1	22,9±0,6	0,06	314,2±19,7	72,2±3,9	0,19	402,9±17,3	32,3±1,2	0,07
сорт Stevens									
1	337,7±36,7	26,8±0,6	0,07	287,6±15,1	73,9±1,1	0,22	468,4±16,9	32,9±0,8	0,06
2	285,6±12,2	25,2±1,9	0,08	292,1±9,5	30,5±0,7	0,09	293,7±15,4	31,5±1,8	0,09
3	346,2±12,5	38,4±0,6	0,09	264,0±9,4	70,2±1,4	0,23	405,7±23,7	37,7±3,7	0,08
4	273,8±11,7	39,6±1,0	0,12	344,8±32,5	63,5±0,7	0,16	452,8±9,7	33,6±2,6	0,06
5	300,4±7,0	37,2±1,6	0,11	409,7±19,7	85,5±1,9	0,18	331,9±9,4	46,6±1,5	0,12
Генеративные растения									
сорт Stevens									
1	456,1±16,5	27,9±1,5	0,05	330,1±19,2	83,6±1,9	0,21	489,4±17,7	36,2±0,8	0,06
2	333,1±9,7	43,1±0,9	0,11	346,4±8,8	61,4±3,5	0,15	477,1±17,3	45,3±1,4	0,08
3	381,6±10,0	25,1±0,9	0,06	386,6±19,7	68,5±1,5	0,15	560,8±27,5	43,0±0,9	0,07
4	374,3±9,5	40,3±2,5	0,09	426,3±9,9	90,9±3,9	0,18	392,6±10,0	47,5±0,8	0,10
5	464,1±16,8	43,1±0,9	0,08	427,8±33,6	46,1±1,4	0,09	424,9±18,2	42,4±4,6	0,08

В отличие от показателя микробной массы, для изменения дыхательной активности микробиомов в контрольном варианте опыта, независимо от возраста растений, в первой половине вегетационного периода установлено сходство с таковым в Смолевичском р-не, состоявшее в более выраженном ее увеличении на 110–199 % и ослаблении во второй его половине на 34–57 %. Аналогичным ходом сезонных изменений характеризовалась также величина метаболического коэффициента микробиомов с диапазонами ее увеличения на 125–320 % и уменьшения на 50–73 %.

Нетрудно убедиться в наличии существенных генотипических, возрастных и межрегиональных различий в сезонной динамике исследуемых показателей в контрольном варианте опыта, являющемся относительно чистым агрофоном для оценки влияния испытываемых агроприемов на формирование микробценозов корнеобитаемой зоны субстрата. Обращает на себя внимание, что в направленности изменений их основных характеристик в течение вегетационного периода в большинстве вариантов опыта с использованием удобрений обнаружено совпадение с таковыми в контроле, но с иной степенью выразительности. При этом, за редким исключением, в большинстве случаев выявлена отчетливая одновекторность данных изменений, свидетельствующая об однотипном характере ответной реакции микробиомов на совокупность внешних воздействий (табл. 1, 2). Так, независимо от географического положения района исследований, генотипа и возраста растений клюквы, а также вида удобрений, преобладающей тенденцией в сезонной динамике дыхательной активности микробценозов на фоне испытываемых агроприемов являлось ее усиление в первой половине вегетационного периода с достижением максимальных значений в июле и последующее снижение к окончанию сезона. Вместе с тем в динамике их метаболической активности аналогичные тенденции прослеживались в основном в Докшицком р-не, тогда как в Смолевичском значительное влияние на сезонные изменения данного показателя оказывал возраст культиваров. Так, если под виргинильными растениями в первой половине вегетации доминировало снижение метаболического коэффициента, особенно под посадками позднеспелого сорта, с последующим его увеличением во второй ее половине, то под генеративными растениями наблюдалась противоположная картина, подобная выявленной в динамике дыхательной активности микробиомов (табл. 1, 2).

В отличие от данных показателей, сезонный ход изменений численности микроорганизмов в корнеобитаемой зоне субстрата в основном определялся географическим положением района исследований и в меньшей степени видом испытываемых удобрений. Так, если в Смолевичском р-не, независимо от генотипа и возраста растений, в первой половине вегетационного периода он характеризовался преобладанием накопительных тенденций исключительно при использовании биологических удобрений и преимущественным снижением либо стабилизацией данного показателя во второй его половине, то в Докшицком р-не увеличение микробной массы к середине сезона в этих вариантах опыта происходило лишь под посадками виргинильных растений сорта *Stevens* и продолжалось до конца вегетационного периода. При этом для корнеобитаемой зоны виргинильных растений раннеспелого сорта *Ben Lear*, независимо от вида удобрений, во второй половине сезона показано существенное увеличение численности микроорганизмов. Что же касается генеративных растений позднеспелого сорта *Stevens*, то в динамике данного показателя проявились весьма неоднозначные тенденции, указывавшие на его непрерывное увеличение на протяжении всего вегетационного периода на фоне внесения минерального удобрения, а при обработках растений Экогум-комплексом - только во второй его половине. При этом использование 5%-ного МаклоРа обеспечивало заметное накопление микробной массы в весенне-летний период и ее снижение к окончанию сезона, тогда как в варианте с внесением микробного удобрения в 10%-ной концентрации наблюдалась противоположная картина (табл. 1, 2). Вместе с тем несмотря на показанную выше определенную общность профилирующих тенденций в сезонной динамике основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя субстрата под посадками модельных сортов клюквы крупноплодной в районах исследований, выявленные при этом межвариантные различия изменений исследуемых показателей убедительно свидетельствовали об индивидуальном характере влияния испытываемых агроприемов на жизнедеятельность микробиоты остаточного слоя торфяной залежи.

Заключение

В результате исследования в опытной культуре в географически удаленных на 250 км друг от друга Смолевичском р-не Минской обл. и в более северном Докшицком р-не Витебской обл. на рекультивируемых участках торфяной выработки верхового типа влияния минерального Basacot Plus 6 (N₁₅P₈K₁₂ кг/га д.в.) и отечественных биологических удобрений – азотфиксирующего и фосфатмобилизующего микробного МаклоР в 5- и 10%-ной концентрациях, а также органо-минерального Экогум-комплекс на сезонную динамику основных характеристик микробиоты корнеобитаемой зоны торфяного суб-

страта под посадками растений клюквы крупноплодной – раннеспелого *Ben Lear* и позднеспелого *Stevens* – в рамках идентичных полевых экспериментов выявлены профилирующие тенденции в их сезонной динамике с оценкой влияния на нее биотических и абиотических факторов. Показано, что независимо от географического положения района исследований, генотипа и возраста растений клюквы, а также вида удобрений, наблюдалось преимущественное усиление дыхательной активности микробсообществ в первой половине вегетационного периода с достижением максимальных значений в июле и последующее снижение к окончанию сезона. При этом в динамике метаболической активности аналогичные тенденции прослеживались в основном в Докшицком р-не, тогда как в Смолевичском значительное влияние на нее оказывал возраст культиваров. В отличие от данных характеристик микробиома, сезонный ход изменений численности (массы) микроорганизмов в основном определялся географическим положением района исследований и в меньшей степени видом удобрений. Установлено наименьшее проявление индивидуального характера влияния испытываемых агроприемов на массу микроорганизмов и наибольшее на показатели дыхательной и метаболической активности микробиомов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anderson J. P. S. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils / J. P. S. Anderson, K. H. Domsch // *Soil Biol. Biochem.* 1978. V. 10. – P. 215–221.
2. Гродницкая И. Д., Трусова М. Ю. Микробные сообщества и трансформация соединений углерода в болотных почвах таежной зоны // *Почвоведение.* – 2009. – № 9. – С. 1099–1107.
3. Эффективность микробных удобрений при возделывании голубики на выработанных торфяниках Беларуси / Ж. А. Рупасова и др. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 236 с.
4. Звягинцев Д. Г. Почва и микроорганизмы. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 256 с.
5. Мирчинк Т. Г., Паников Н. С. Современные подходы к оценке биомассы и продуктивности грибов и бактерий в почве // *Успехи микробиологии.* – М.: Наука, 1985. – Т. 20. – С. 198–226.
6. Горбенко А. Ю., Паников Н. С. Количественное описание динамики роста гетеротрофных микроорганизмов в почве в связи с первичным продукционным процессом в биогеоценозе // *Журнал общей биологии.* – 1989. – Т.1, № 1. – С. 38–59.

ВЛИЯНИЕ НОРМ ВЫСЕВА НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УРОЖАЙНОСТИ И ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

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 26.04.2024)

В данной публикации представлен литературный обзор по кормовой ценности растений сои. Приводятся данные по влиянию норм высева у различных по скороспелости сортов сои – Ясельда, Верас, Припять, Рось и Оресса при сплошном рядовом способе посева на урожайность зерна и элементы ее структуры в условиях северо-восточной части 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. Норма высева оказывала 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 в условиях северо-восточной части Республики Беларусь, оптимальными являются нормы высева 0,6–0,8 млн/га, где были получены наиболее высокие показатели зерновой продуктивности – 24,1–29,5 ц/га. Для сорта Оресса наиболее предпочтительными являлись нормы высева 0,8 и 1,0 млн/га, где урожайность составила 27,0 и 25,9 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 28,7 ц/га.

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

This publication presents a literature review on the feed value of soybean plants. Data are presented on the influence of seeding rates for soybean varieties of different early maturity – Yaselda, Veras, Pripyat, Ros and Oressa with a continuous row sowing method on grain yield and elements of its structure in the conditions of the north-eastern part of Belarus. The research results made it possible to establish that an increase in the seed sowing rate from 0.4 to 1.2 million/ha had an inverse correlation with the magnitude of the elements of the yield structure of soybean varieties and was accompanied by a decrease in individual plant productivity. The seeding rate had a significant impact on the formation of grain productivity of all studied varieties. It was found that, on average, over three years of research for the Yaselda, Veras and Pripyat varieties with a continuous row sowing method in the conditions of the northeastern part of the Republic of Belarus, the optimal seeding rates were 0.6–0.8 million/ha, where the most high grain productivity indicators – 2.41–2.95 t/ha. For the Oressa variety, the most preferred seeding rates were 0.8 and 1.0 million/ha, where the yield was 2.70 and 2.59 t/ha, respectively. The Ros variety showed a sharply negative attitude towards increasing stem density, and the optimal seeding rate for this variety was 0.6 million/ha, which ensured maximum grain yield on average over three years of 2.87 t/ha.

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

Введение

Соя является одной из наиболее востребованных сельскохозяйственных культур в современных рыночных условиях и относится к разряду стратегических культур современного земледелия [2]. В ее семенах содержится 33–45 % белка сбалансированного по аминокислотному составу, 18–22 % жира, 9–12 % растворимых сахаров, 3–9 % крахмала, 3–6 % клетчатки, а также много витаминов, макро- и микроэлементов. Такой своеобразный химический состав обуславливает весьма разностороннее использование этой культуры в пищевых, кормовых, технических и медицинских целях, где она пользуется большим спросом. В современных рыночных условиях за счет сои можно повысить эффективность производства, а также в значительной степени решить проблему дефицита растительного белка [5, 6]. В связи с этим весьма актуальным является увеличение доли бобовых культур в структуре посевных площадей за счет широкого внедрения сои, что не только не приведет к увеличению дефицита зерна, но, напротив, сократит его потребление животноводством за счет более сбалансированной структуры кормов, позволит провести импортозамещение растительного белка и масла на сотни миллионов долларов, сделает белорусскую продукцию животноводства более конкурентоспособной на внутреннем и внешнем рынках [3, 8].

Наряду с увеличением площадей посева, важное значение приобретает научное обоснование и разработка технологических приемов выращивания этой культуры в конкретных почвенно-климатических зонах, которые должны быть направлены на улучшение плодородия почвы, активности биологической фиксации азота и повышения урожайности. Среди других агротехнических приемов формирование оптимальной густоты стеблестоя в посевах является важнейшим элементом технологии возделывания сои. Плотность стеблестоя регулируется способом и нормой высева семян, что

обеспечивает каждому растению более рациональное использование ресурсов факторов среды и формирование наибольшей продуктивности этой культуры [1, 4, 7].

Целью наших исследований было изучение влияния норм высева 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 деланки размещались систематическим методом в четырехкратной повторности. Подготовка почвы, посев и уход за растениями сои проводились в соответствии с общепринятой агротехникой возделывания культуры.

Схема опыта включала пять вариантов норм высева семян – 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 миллиона всхожих семян на 1 га. В качестве контрольного варианта, как наиболее распространенного в литературных источниках, была использован вариант с нормой высева 0,6 млн/га. Фенологические наблюдения по фазам роста и развития растений, все учеты и анализы осуществлялись согласно соответствующим методикам государственного испытания в Республике Беларусь. Уборка деланок 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.

Вегетационный период 2012 года можно охарактеризовать как теплый и избыточно-влажный. Температура воздуха находилась на уровне или поднималась выше среднемноголетних показателей. Количество выпавших осадков значительно превышало норму во все месяцы вегетационного периода, кроме июля, где осадков выпало 38 % от среднемноголетних значений. Май и июнь характеризовались сильным переувлажнением почвы, что привело к торможению ростовых процессов растений сои (ГТК – 2,5 и 3,3, соответственно). Сумма активных температур за период вегетации сортов сои (всходы–полная спелость) составила 2354,5 °С, а количество выпавших осадков – 489,6 мм или 135 % от нормы.

Условия вегетационного периода 2013 г. по значениям температуры воздуха превышали среднемноголетние показатели в весенне-летние месяцы на +0,5–4,4 °С. В III декаде апреля наблюдался дефицит осадков – 35,6 % от нормы. В свою очередь май был теплым (+16,8 °С) и избыточно-влажным – 72,3 мм или 131,5 % от среднемноголетних значений. В летние месяцы было жарко и наблюдался дефицит осадков, только III декада августа была очень дождливой и количество выпавших осадков составило 84,8 мм или 314,1 % от среднемноголетних показателей. В III декаде сентября установилась холодная (+6,5°С) дождливая погода (53,1 мм или 279,5 % от нормы). Сумма активных температур за месяцы вегетационного периода (всходы–полная спелость) составила 2493,7 °С, а количество выпавших осадков – 347,2 мм или 96 % от нормы.

В 2014 году метеорологические условия были достаточно благоприятными для роста и развития растений сои, что сказалось в определенной мере, на величине урожая и наступлении фаз развития. Первая декада мая характеризовалась холодной (+8,9 °С) и засушливой погодой, что увеличило период посев-всходы сои. Во второй и третьей декадах мая, погода стабилизировалась (+16,7–18,7 °С) и температура воздуха была уже выше среднемноголетней на 4,1 °С и 4,5 °С соответственно, а количество осадков составило 162,4 мм или 193,7 % от среднемноголетних показателей. Июнь был умеренно-теплым (+15,3 °С), но осадков за этот месяц выпало 43,5 мм, что почти в 2 раза меньше месячной нормы. В июле и августе влаги и тепла было достаточно (ГТК – 1,4 и 1,7 соответственно), что положительно повлияло на формирование бобов и налив зерна. Сентябрь характеризовался засушливым периодом (ГТК–0,8). Сумма активных температур за период вегетации сортов сои (всходы–полная спелость) составила 2386,6 °С, а количество выпавших осадков – 326,1 мм или 90 % от нормы.

Показатели структуры урожайности сортов сои при различных нормах высева представлены в табл. 1.

Таблица 1. Элементы структуры урожайности сортов сои (2012–2014 гг.)

Варианты опыта	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	Масса семян с 1 растения, г
Ясельда						
0,4 млн/га	24	26,6	58,0	2,2	146,2	8,48
0,6 млн/га – К	39	21,2	45,0	2,1	144,6	6,51
0,8 млн/га	60	14,6	31,0	2,1	139,8	4,33
1,0 млн/га	71	11,6	24,0	2,1	138,1	3,31
1,2 млн/га	83	8,9	18,2	2,0	135,2	2,46
Верас						
0,4 млн/га	25	28,4	69,8	2,5	127,3	8,89
0,6 млн/га – К	39	22,4	55,9	2,5	126,2	7,05
0,8 млн/га	54	17,6	43,8	2,5	125,2	5,48
1,0 млн/га	66	13,8	32,6	2,4	122,8	4,00
1,2 млн/га	79	10,7	25,0	2,3	120,0	3,00
Припять						
0,4 млн/га	23	28,4	59,8	2,1	156,4	9,35
0,6 млн/га – К	35	24,0	52,1	2,2	154,8	8,07
0,8 млн/га	51	18,4	39,3	2,1	150,7	5,92
1,0 млн/га	60	14,7	30,7	2,1	149,1	4,58
1,2 млн/га	73	12,5	25,0	2,0	146,5	3,66
Рось						
0,4 млн/га	20	29,5	60,9	2,1	191,5	11,66
0,6 млн/га – К	28	25,5	54,5	2,1	189,7	10,34
0,8 млн/га	38	17,3	36,6	2,1	187,0	6,84
1,0 млн/га	45	12,9	26,9	2,1	185,3	4,98
1,2 млн/га	56	8,9	18,7	2,1	182,6	3,41
Оресса						
0,4 млн/га	27	26,1	58,0	2,2	141,5	8,21
0,6 млн/га – К	43	19,7	41,4	2,1	138,8	5,75
0,8 млн/га	58	16,0	34,4	2,2	137,0	4,71
1,0 млн/га	74	12,5	26,1	2,1	135,5	3,54
1,2 млн/га	86	10,2	21,0	2,1	132,6	2,78

В среднем за три года исследований, количество растений, сохранившихся к уборке, наблюдалось наиболее максимальным по вариантам опыта у сортов Ясельда и Оресса, где насчитывалось от 24 до 83 шт/м² и от 27 до 86 шт/м² соответственно. Минимальное количество растений, которые сохранились к уборке, наблюдалось у сорта Рось, где в зависимости от норм высева насчитывалось от 20 до 56 шт. на 1 м.²

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. Наибольшие колебания количества бобов и семян на 1 растении в зависимости от норм высева наблюдались у сортов Рось и Верас, где этот показатель при норме высева 0,4 млн/га составил 29,5 и 60,9 штук и 28,4 и 69,8 штук соответственно, а при увеличении нормы высева до 1,2 млн/га снизился до 8,9 и 18,7 штук и 10,7 и 25,0 штук соответственно, т.е. на 20,6 боба и 42,2 семени у сорта Рось, 17,7 боба и 44,8 семян у сорта Верас. Максимальное количество семян на 1 растении было отмечено у сорта Верас и составило по вариантам опыта 25,0–69,8 штук, в то время как у сорта Ясельда насчитывалось семян от 18,2 до 58,0 штук.

Количество семян в бобе, в зависимости от сорта и норм высева, колебалось от 2,0 до 2,5 штук, при этом наиболее озерненными были бобы у сорта Верас при нормах высева 0,4–0,8 млн/га, где этот показатель, в среднем по годам исследования, составил 2,5 семени в каждом бобе. Минимальное количество семян в бобе было отмечено у сортов Ясельда и Припять при норме высева 1,2 млн/га и равнялось 2,0 шт.

При анализе данных по массе 1000 семян у всех изучаемых сортов наблюдалась тенденция к некоторому снижению этого показателя по мере увеличения нормы высева. 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, а 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.

Благодаря крупности семян наиболее высокий уровень индивидуальной продуктивности растений, в весовом выражении, был отмечен у сорта Рось в разреженных посевах с нормами высева 0,4–0,6 млн/га, где масса семян с одного растения составляла 11,66–10,34 г соответственно, но при увеличении плотности стеблестоя у данного сорта наблюдалось резкое снижение продуктивности и масса зерна с одного растения при нормах высева 1,0 и 1,2 млн/га уменьшалась более чем в два раза и равнялась 4,98 и 3,41 г соответственно. Сорта Ясельда и Оресса имели наименьшую массу семян с 1 растения, которая составила по вариантам опыта 2,46–8,48 и 2,78–8,21 г соответственно.

Основным критерием при проведении сравнительной оценки вариантов опыта является урожайность сортов (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность сортов сои в зависимости от норм высева

Варианты опыта	Урожайность, ц/га							
	2012 г.		2013 г.		2014 г.		Среднее 2012-2014 гг.	
	ц/га	± к контр. ц/га	ц/га	± к контр. ц/га	ц/га	± к контр. ц/га	ц/га	± к контр. ц/га
Ясельда								
0,4 млн/га	18,2	-5,0	16,3	-4,7	25,1	-3,1	19,9	-4,2
0,6 млн/га – К	23,2	–	21,0	–	28,2	–	24,1	–
0,8 млн/га	23,3	+0,1	23,4	+2,4	30,4	+2,2	25,7	+1,6
1,0 млн/га	22,2	-1,0	20,2	-0,8	27,4	-0,8	23,3	-0,8
1,2 млн/га	20,4	-2,8	17,9	-3,1	22,5	-5,7	20,3	-3,8
НСР ₀₅ , ц/га	–	3,15	–	2,02	–	1,86	–	–
Верас								
0,4 млн/га	21,8	-0,3	17,5	-6,4	25,5	-8,3	21,6	-5,0
0,6 млн/га – К	22,1	–	23,9	–	33,8	–	26,6	–
0,8 млн/га	25,1	+3,0	26,7	+2,8	35,2	+1,4	29,0	+2,4
1,0 млн/га	30,4	+8,3	20,0	-3,9	28,7	-5,1	26,4	-0,2
1,2 млн/га	26,3	+4,2	18,7	-5,2	26,0	-7,8	23,7	-2,9
НСР ₀₅ , ц/га	–	3,21	–	0,76	–	0,91	–	–
Припять								
0,4 млн/га	20,3	-4,1	17,3	-8,4	26	-7,8	21,2	-6,8
0,6 млн/га – К	24,4	–	25,7	–	33,8	–	28,0	–
0,8 млн/га	25,6	+1,2	27,6	+1,9	35,3	+1,5	29,5	+1,5
1,0 млн/га	28,1	+3,7	23,0	-2,7	30,7	-3,1	27,3	-0,7
1,2 млн/га	30,6	+6,2	20,7	-5,0	28,1	-5,7	26,5	-1,5
НСР ₀₅ , ц/га	–	2,91	–	1,75	–	1,05	–	–
Рось								
0,4 млн/га	21,9	-7,4	19,6	-3,4	27,2	-6,7	22,9	-5,8
0,6 млн/га – К	29,3	–	23,0	–	33,9	–	28,7	–
0,8 млн/га	22,7	-6,6	21,0	-2,0	31,3	-2,6	25,0	-3,7
1,0 млн/га	20,3	-9,0	17,0	-6,0	28,9	-5,0	22,1	-6,6
1,2 млн/га	17,8	-11,5	15,3	-7,7	23,4	-10,5	18,8	-9,9
НСР ₀₅ , ц/га	–	3,71	–	1,12	–	1,43	–	–
Оресса								
0,4 млн/га	20,8	-1,5	18,6	-3,1	25,0	-3,3	21,5	-2,6
0,6 млн/га – К	22,3	–	21,7	–	28,3	–	24,1	–
0,8 млн/га	24,3	+2,0	24,4	+2,7	32,2	+3,9	27,0	+2,9
1,0 млн/га	24,6	+2,3	23,2	+1,5	30,0	+1,7	25,9	+1,8
1,2 млн/га	26,4	+4,1	19,9	-1,8	24,8	-3,5	23,7	-0,4
НСР ₀₅ , ц/га	–	3,40	–	1,21	–	1,86	–	–

Так, для позднеспелого сорта Ясельда, который в Республике Беларусь является стандартом в государственном сортоиспытании, оптимальной являлась норма высева 0,8 млн/га, при использовании которой в среднем за три года была получена наиболее высокая урожайность зерна – 25,7 ц/га, что на 1,6 ц/га выше, чем на контроле. При повышении нормы высева до 1,0–1,2 млн/га наблюдалось постепенное снижение урожайности по сравнению с оптимальной плотностью посевов, которая находилась на уровне 23,3–20,3 ц/га. Достоверное снижение урожайности при норме высева 1,2 млн/га было отмечено в 2013 и 2014 гг. – 17,9 и 22,5 ц/га, что ниже на 3,1 и 5,7 ц/га, соответственно, в 2012 г. также было отмечено снижение урожайности на 2,8 ц/га по отношению к контролю. При посеве данного сорта с нормой высева 0,4 млн/га наблюдалось достоверное снижение урожайности, и в среднем за три года она уступала контрольному варианту на 4,2 ц/га.

У раннеспелого сорта Верас в среднем за три года исследований наиболее высокий сбор зерна наблюдался при норме высева 0,8 млн/га и составил 29,0 ц/га, что на 2,4 ц/га выше по отношению к контрольному варианту, а с увеличением густоты стеблестоя до 1,2 млн/га урожайность имела тенденцию к снижению. Однако по годам были получены неоднозначные результаты, если в 2013 и 2014 гг. максимальная урожайность была отмечена при норме высева 0,8 млн/га и составила соответ-

ственно 26,7 и 35,2 ц/га, то в 2012 г. максимальным сбором зерна характеризовалась норма высева 1,0 млн/га, где была получена прибавка 8,3 ц/га, достоверно превышающая контроль.

Раннеспелый сорт Припять сформировал наиболее высокую зерновую продуктивность в среднем за годы исследований при норме высева 0,8 млн/га, где урожайность составила 29,5 ц/га, что на 1,5 ц/га выше, чем на контроле. Были получены неоднозначные результаты по годам исследований. В 2013 и 2014 гг. максимальная урожайность была получена при норме высева 0,8 млн. га – 27,6 и 35,3 ц/га, которая достоверно превышала контроль на 1,9 и 1,5 ц/га соответственно, а с увеличением нормы высева до 1,2 млн/га по вариантам опыта отмечалось достоверное снижение урожайности на 2,7–5,7 ц/га. В свою очередь, в 2012 г. максимальная урожайность у сорта Припять была получена на делянках с нормой высева 1,2 млн/га и составила 30,6 ц/га, что на 6,2 ц/га достоверно превышала контрольный вариант.

Наиболее продуктивные посеы у среднераннего сорта Рось формировались на контрольных делянках с нормой высева 0,6 млн/га. Так в 2012 году на данном варианте была получена урожайность 29,3 ц/га, в 2013 и 2014 гг. – 23,0 и 33,9 ц/га соответственно. С увеличением нормы высева от 0,8 до 1,2 млн/га отмечено достоверное снижение урожайности на 3,7–9,9 ц/га по вариантам опыта за три года исследований. При посеве данного сорта с нормой высева 0,4 млн/га наблюдалось также достоверное снижение урожайности, и в среднем за три года она уступала контрольному варианту на 5,8 ц/га.

У среднераннего сорта Оресса в варианте с нормой высева 0,4 млн/га в среднем по трем годам исследований урожайность была ниже на 2,6 ц/га, чем на контрольном варианте и составила 21,5 ц/га. В 2012 году на делянках с нормой высева 1,2 млн/га была получена максимальная урожайность, которая составила 26,4 ц/га, достоверно превышающая контроль на 4,1 ц/га. Однако в 2013 и 2014 гг. на этом же варианте уровень зерновой продуктивности был 19,9 и 24,8 ц/га, что математически достоверно ниже контроля на 1,8 и 3,5 ц/га соответственно. В среднем за три года исследований для сорта Оресса наиболее предпочтительной являлась норма высева 0,8 млн/га, где урожайность составила 27,0 ц/га, которая была выше на 2,9 ц/га по отношению к контрольному варианту с нормой высева 0,6 млн/га и выше на 1,1–5,5 ц/га на вариантах с нормами высева 0,4; 1,0; 1,2 млн/га.

Заключение

На основании результатов исследований можно сделать вывод о том, 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. Установлено, что для сортов Ясельда, Верас, Припять и Оресса оптимальной нормой высева при сплошном рядовом способе посева в условиях северо-восточной части Беларуси является 0,8 млн/га, которая в среднем за три года исследований обеспечила получение максимальной урожайности семян на уровне 25,7–29,5 ц/га. Также сорта Ясельда, Верас и Припять показали высокую урожайность на контрольном варианте с нормой высева 0,6 млн/га, которая находилась в пределах 24,1–28,0 ц/га, а сорт Оресса более позитивно реагировал на увеличение нормы высева до 1,0 млн/га, где урожайность составила 25,9 ц/га. У сорта Рось отмечено резко негативное отношение к увеличению плотности стеблестоя, и оптимальной для этого сорта являлась норма 0,6 млн/га, при которой была получена максимальная урожайность зерна в среднем за три года – 28,7 ц/га, при величине этого показателя в вариантах с нормами высева 1,0–1,2 млн/га – 18,8–22,1 ц/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барсуков С. С. Технологические основы возделывания сои на зерно // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – №2. – С. 22–25.
2. Давыденко О. Г. Своя соя ближе к успеху // Рэспубліка. – 2008. – 2 дек. – С. 2–3.
3. Давыденко О. Г., Голоенко Д. В., Розенцвейг В. Е. Соя для умеренного климата. – Минск: Тэхналогія, 2004. – 173 с.
4. Соя. Биология и технология возделывания / В. М. Лукомец и др.; под ред. В. Ф. Баранова, В. М. Лукомца. – Краснодар: ВНИИМК, 2005. – 433 с.
5. Соя: качество, использование, производство / В. С. Петибская и др. – М., 2001. – 64 с.
6. Тарануха В. Г. Соя: пособие. – Горки: БГСХА, 2011. – 51 с.
7. Тарануха В. Г., Левкина О. В. Соя в Республике Беларусь – реальность и перспективы // Земляробства і ахова раслін № 4. – Минск, 2012. – С. 15–18.
8. Тарануха В. Г., Клепча О. А. Влияние сроков посева на урожайность семян сортов сои в северо-восточной части Беларуси // Матер. XVII междунар. науч.-практ. конф. «Современные технологии сельскохозяйственного производства», 14. 03. 2014. – Гродно, 2014. – С. 152–153.

ВРЕДНОСНОСТЬ РИНХОСПОРИОЗА ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. А. ЖУКОВСКАЯ

РУП «Институт защиты растений»,
аг. Прилуки, Республика Беларусь, 223011, e-mail: nyuta.zhukovskaya.86@mail.ru

(Поступила в редакцию 26.04.2024)

В статье приведены результаты мониторинга развития ринхоспориоза в условиях опытного поля РУП «Институт защиты растений». В годы исследований отмечено повышение степени поражения болезнью к стадии образования плодов. В вегетационный сезон 2019 г. степень поражения болезнью на протяжении учетного периода, в условиях искусственного фона, составляла 0,3–23,6 %, в 2020 г. – 2,6–30,0 %. В естественных условиях – 12,8 % и 16,1 % соответственно. Представлены данные по влиянию ринхоспориоза на показатели биологической урожайности: количество зерен в колосе, массу зерен с колоса, массу 1000 зерен озимой ржи. Болезнь приводит к снижению количества зерен в колосе от 1,4 до 2,3 %, массы зерен с колоса от 0,1 до 2,7 %, массы 1000 зерен от 0,3 до 6,0 %. Установлена тесная обратная корреляционная зависимость между степенью поражения растений ринхоспориозом и изучаемыми показателями структуры урожая $r = -0,78$, $r = -0,95$, $r = -0,97$ соответственно. Рассчитан биологический порог вредоносности ринхоспориоза – развитие болезни, с которого в посевах культуры отмечается статистически достоверное снижение количества зерен с колоса, массы зерен с колоса, массы 1000 зерен и относительные коэффициенты вредоносности. Установлено, что наиболее чувствительным показателем структуры урожая, снижающимся при росте степени поражения культуры ринхоспориозом, является масса 1000 зерен. На основании этого в статье приведены расчеты показателей, характеризующих вредоносность болезни, применительно к массе 1000 зерен.

Ключевые слова: озимая рожь, ринхоспориоз, вредоносность, порог вредоносности, относительный коэффициент вредоносности.

The article presents the results of monitoring the development of rhynchosporiosis in the experimental field of the Republican Unitary Enterprise "Institute of Plant Protection". During the years of research, an increase in the degree of disease damage to the stage of fruit formation was noted. In the growing season of 2019, the degree of disease damage during the reference period, under artificial background conditions, was 0.3–23.6 %, in 2020 – 2.6–30.0 %. Under natural conditions – 12.8 % and 16.1 %, respectively. Data are presented on the effect of rhynchosporiosis on biological yield indicators: the number of grains in an ear, the weight of grains per ear, the weight of 1000 grains of winter rye. The disease leads to a decrease in the number of grains per ear from 1.4 to 2.3 %, the weight of grains per ear from 0.1 to 2.7 %, and the weight of 1000 grains from 0.3 to 6.0 %. A close inverse correlation was established between the degree of damage to plants by rhynchosporium and the studied indicators of the yield structure $r = -0.78$, $r = -0.95$, $r = -0.97$, respectively. The biological threshold for the harmfulness of rhynchosporiasis has been calculated – the development of the disease, from which a statistically significant decrease in the number of grains per ear, the weight of grains per ear, the weight of 1000 grains and relative coefficients of harmfulness are observed in crops. It has been established that the most sensitive indicator of the crop structure, which decreases with increasing degree of crop damage by rhynchosporium, is the weight of 1000 grains. Based on this, the article provides calculations of indicators characterizing the harmfulness of the disease in relation to the weight of 1000 grains.

Key words: winter rye, rhynchosporiosis, harmfulness, threshold of harmfulness, relative coefficient of harmfulness.

Введение

Среди озимых зерновых культур рожь занимает особое место. В ней сочетаются невысокое требование к условиям произрастания, засухоустойчивость и зимостойкость, которые способны обеспечить стабильное формирование урожайности. Однако насыщение севооборотов зерновыми культурами, изменение сортового состава в сочетании с погодными условиями обуславливают существенные колебания фитопатологической ситуации в посевах.

Так, в последнее время отмечается ежегодное поражение озимой ржи ринхоспориозом, который является доминирующей болезнью листьев культуры в республике [1, с. 91; 2, с. 81].

На листьях болезнь проявляется в виде овальных или удлиненных, грязно-водянистого цвета пятен, образующихся преимущественно с края листа на его вершине или у основания, реже – на влажной поверхности [3, с. 223]. Со временем пятна сливаются друг с другом, что приводит к преждевременному усыханию листьев (рис. 1).



Рис. 1. Пятна ринхоспориоза на озимой ржи (фото оригинальные Жуковской А. А.)

Возбудителем заболевания является гриб *Rhynchosporium secalis* (Oudem.) Davis. Первые симптомы поражения болезнью можно обнаружить уже с фазы 2–3 листьев или кущения. Массовое распространение отмечается в период колошения – цветения [3, с. 122; 4, с. 52; 5, с. 52]. В посевах озимой ржи ринхоспориоз распространяется равномерно, в отличие от посевов ячменя, где он проявляется очагами [6, с. 3].

Ринхоспориоз характеризуется как полициклическое заболевание культуры с участием нескольких поколений возбудителя в течении вегетационного периода. Конидии гриба, образующиеся на растительных остатках, могут служить первичным источником инокулюма для осеннего заражения. Вторичное распространение ринхоспориоза осуществляется с помощью дождя.

Из литературных источников известно, что, развиваясь на растениях озимой ржи, возбудитель ринхоспориоза вызывает изменение физиолого-биохимических процессов, уменьшение ассимиляционной поверхности и преждевременное усыхание листьев. Снижение продуктивности растений происходит вследствие нарушения биохимической структуры растений. У них усиливается интенсивность транспирации и дыхания, возрастает активность окислительных ферментов, а также меняется уровень эндогенных регуляторов роста в различных органах растений, снижается содержание аскорбиновой кислоты [8, с. 98].

Вредоносность также зависит от времени появления болезни и наличия благоприятных погодных условий. При раннем поражении растений грибом уменьшается длина стебля и колоса, снижается число зерновок в колосе, масса зерен и продуктивная кустистость. Потери могут достигать 40 %, а в период эпифитотий – 62 % [9, с. 84; 10, с. 248]. При позднем заражении растений снижается масса 1000 зерен, при сильной степени поражении – озерненность [9, с. 52; 11, с. 20; 12].

Согласно результатам исследований С.Ф. Буга и Л.А. Ушкевич, полученным в 90-х гг., в зависимости от динамики развития ринхоспориоза масса 1000 зерен может снижаться на 7,0–13,0 %, урожайность на 0,5–17,0 %, а в отдельные годы потери могут достигать 47,3 % [13, с. 11; 14, с. 58; 15, с. 52].

В настоящее время в связи с ежегодным поражением культуры ринхоспориозом, прошедшей смесью возделываемых сортов (гибридов) культуры на фоне изменяющихся погодных условий, возникла необходимость получения современных данных по вредоносности болезни, что и определило цель исследований.

Основная часть

Для уточнения влияния степени поражения растений ринхоспориозом на показатели биологического урожая (массы 1000 зерен, массы зерен с колоса, количества зерен в одном колосе) озимой ржи в 2019 и 2020 гг. в условиях опытного поля РУП «Институт защиты растений» проводили специальные опыты.

Почва опытного поля – дерново-подзолистая с содержанием гумуса 1,73 %; P_2O_5 – 322 мг/кг, K_2O – 338 мг/кг, бор – 0,81 мг/кг; рН – 5,0. Агротехника в опытах – общепринятая для возделывания озимой ржи в центральной агроклиматической зоне Республики Беларусь.

Постановка полевых опытов осуществлялась согласно методике Б. А. Доспехова [16, с. 9–71]. Учеты развития болезни проводили согласно общепринятым в фитопатологии методикам [17]. В исследованиях использовали гибрид КВС Боно. Стадии развития растений приведены в соответствии с десятичным кодом ВВСН [4, с. 168–173].

Опыты проводили в условиях искусственной инокуляции растений грибом *R. secalis*. Заражение растений осуществляли в вечернее время. Перед внесением инокулюма делянки увлажняли, затем опрыскивали суспензией спор из расчета 50 мл/м², титр спор составлял 2,1–3,0×10⁵ спор/мл. Для формирования различной степени поражения на 3-и сутки после заражения все варианты опыта обрабатывали фунгицидом Альто Турбо, КЭ (0,5 л/га). В дальнейшем с помощью фунгицидных обработок развитие ринхоспориоза поддерживали на определенном уровне в соответствии со схемой опыта: 1) 0–1,9 %; 2) 2,0–5,9 %; 3) 6,0–10,9 %; 4) 11,0–20,9%; 5) 21,0–30,0 %.

Площадь учетной делянки составляла 1 м², повторность опыта – 3-кратная.

В стадии полной спелости (ст. 89) отбирали по 100 колосьев с делянок с разной степенью поражения болезнью. В лабораторных условиях проводили оценку биологического урожая. Полученные данные подвергали математическому анализу путем статистической обработки данных (описательная статистика, регрессия и линейная корреляция).

Уровень вредоносности болезней сельскохозяйственных культур зависит от степени и интенсивности поражения растений, что в свою очередь определяется в основном метеорологическими условиями вегетационного периода и уровнем восприимчивости сорта (гибрида). Согласно литературным данным, оптимальная температура воздуха для заражения растений составляет 8–6 °С, относительная влажность воздуха – свыше 92 % [4, с. 82; 9, с. 84; 13, с. 11; 15, с. 51].

Погодные условия апреля – мая 2019 г. характеризовались повышенным температурным режимом, превышающим среднегодовую норму на 4,3 °С. За этот период в 2020 г. температура воздуха была ниже значений нормы на 0,6–2,7 °С. Количество выпавших осадков 2019 и 2020 гг. за апрель – май составило 118,6 и 117,2 % от нормы соответственно. Дальнейшее повышение среднесуточной температуры воздуха в июне – июле 2019 и 2020 гг. относительно нормы на 2,1 и 1,2 °С соответственно и относительная влажность воздуха на уровне 68,7–79,4 % и 79,1–80,0 % способствовали нарастанию степени поражения растений.

В естественных условиях развитие болезни в 2019 г. не превышало 12,8 %, в 2020 г. – 16,1 %. Поэтому для получения более высоких уровней развития ринхоспориоза в посевах озимой ржи и оценки его вредоносности нами проводилось искусственное инфицирование растений. В результате мониторинга динамики развития ринхоспориоза на опытных делянках, в годы исследований, отмечено повышение степени поражения болезнью к стадии образования плодов. Так, в вегетационный сезон 2019 г. степень поражения болезнью на протяжении учетного периода составляла 0,3–23,6 %. В 2020 г. развитие ринхоспориоза в ст. 32 достигало 2,6 %, к ст. 75–30,0 % (рис. 2).

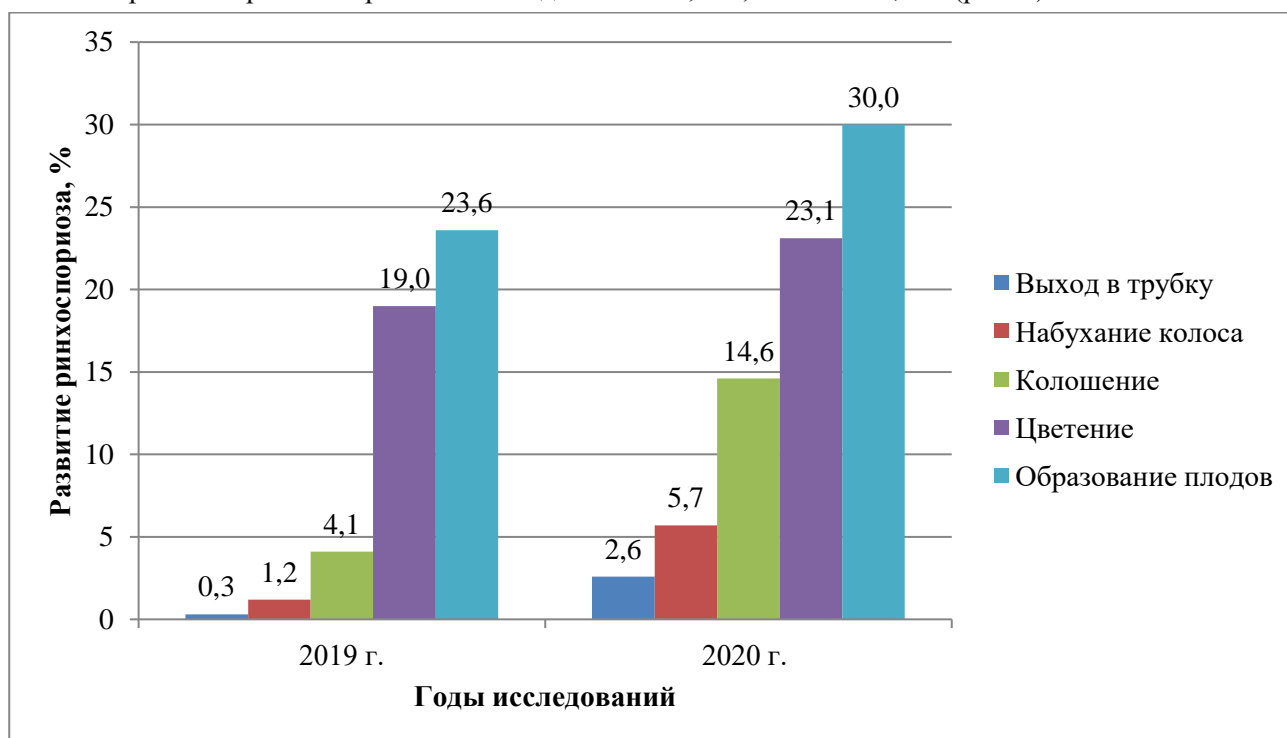


Рис. 2. Динамика развития ринхоспориоза озимой ржи в условиях искусственного инфекционного фона (РУП «Институт защиты растений», гибрид КВС Боно)

Установлено, что с увеличением степени поражения происходит соответствующее снижение оцениваемых показателей.

В целом при достижении максимального уровня развития болезни в пределах до 30 %, масса 1000 зерен снижались на 6,0 %, масса зерен с колоса на 2,7 %, количество зерен в колосе на 2,3 % соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Влияние ринхоспориоза на показатели структуры урожая озимой ржи (гибрид КВС Боно, усредненные данные за 2019–2020 гг.)

Интенсивность поражения в период образования плодов, %	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерен с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Снижение, %		
				количества зерен в колосе	массы зерен с колоса	массы 1000 зерен
0–1,9	59,48	2,21	39,20	–	–	–
2,0–5,9	58,56	2,20	39,14	1,4	0,1	0,3
6,0–10,9	58,52	2,19	38,23	1,6	0,9	2,6
11,0–20,9	58,53	2,16	37,59	2,1	2,3	4,2
21,0–30,0	58,22	2,15	36,87	2,3	2,7	6,0
НСР ₀₅	0,59	0,03	0,51			

Статистическая обработка полученных данных позволила установить тесную обратную корреляционную зависимость между степенью поражения растений ринхоспориозом и изучаемыми показателями структуры урожая (табл. 2). Коэффициент корреляции (r) между развитием ринхоспориоза и количеством зерен в колосе составил -0,78, массой зерен с колоса – -0,95, массой 1 000 семян – -0,97.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее чувствительным показателем структуры урожая, снижающимся при росте степени поражения культуры ринхоспориозом, является масса 1000 зерен. На основании этого, дальнейшие расчеты показателей, характеризующих вредоносность болезни, осуществлены применительно к этому показателю.

Так, рассчитанный биологический порог вредоносности ринхоспориоза, с которого в посевах озимой ржи отмечалось статистически достоверное снижение массы 1000 зерен, составил $3,9 \pm 0,26$ %. Величина доверительного интервала характеризует изменение показателя в зависимости от условий вегетационного сезона. Например, если они будут неблагоприятными для развития ринхоспориоза, то порог вредоносности будет увеличиваться до 4,16 %, при благоприятных – снижаться до 3,64 %. Относительный коэффициент вредоносности для массы 1000 зерен составил 0,21. Таким образом, при увеличении развития ринхоспориоза на каждый 1,0 % свыше порога вредоносности возможно снижение массы 1000 зерен на величину относительного коэффициента вредоносности.

Таблица 2. Вредоносность ринхоспориоза листового аппарата озимой ржи (РУП «Институт защиты растений, гибрид КВС Боно, 2019–2020 гг.)

Показатель	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерен с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Коэффициент детерминации, R ²	0,60	0,93	0,95
Коэффициент корреляции, r	-0,78	-0,95	-0,97
Относительный коэффициент вредоносности, %	$0,1 \pm 0,47$	$0,12 \pm 0,48$	$0,21 \pm 0,10$
Порог вредоносности (% развития болезни)	$5,1 \pm 2,04$	$4,1 \pm 0,19$	$3,9 \pm 0,26$

В последующие вегетационные сезоны (2021–2023 гг.) проверка полученной модели показала ее высокое соответствие фактическому снижению массы 1000 зерен (табл. 3).

Таблица 3. Снижение массы 1000 зерен озимой ржи при поражении ринхоспориозом (РУП «Институт защиты растений, ранняя молочная спелость, 2021–2023 гг.)

Год	Развитие ринхоспориоза, %	Снижение массы 1000 зерен, %	
		прогнозируемое	фактическое
2021	10,5	2,2	2,9
2022	5,8	1,2	1,5
2023	12,7	2,7	3,0

Закключение

Согласно результатам исследований, ринхоспориоз является вредоносной болезнью озимой ржи. Установлено, что при поражении культуры уменьшается количество зерен в колосе на 1,4–2,3 %, масса зерен с колоса снижается на 0,1–3,6 %, масса 1000 зерен – на 0,3–6,0 %. Рассчитаны биологические пороги вредоносности ринхоспориоза, с которых в посевах озимой ржи отмечалось статистически достоверное снижение количества зерен с колоса (5,1 %), массы зерен с колоса (4,1 %) и массы 1000 зерен (3,9 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Фитопатологическая ситуация в посевах зерновых культур в Беларуси / А. А. Крупенько и др. // Защита растений: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений; редкол.: С. В. Сорока (гл.ред.) и др. – Минск, 2023. – Вып. 47. – С. 86–93.

2. Жуковская А. А. Распространенность и развитие ринхоспориоза в посевах озимой ржи в Беларуси // Защита растений: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений; редкол.: С. В. Сорока (гл.ред.) и др. – Минск, 2022. – Вып.46. – С.81–88.
3. Защита растений: учеб. пособие / Л. Г. Коготко и др. – Минск: РИПО, 2016. – 340 с.
4. Пригге Г., Герхард М., Хабермайер И. Грибные заболевания ржи // Грибные болезни зерновых культур; под ред. Ю. М. Стройкова. – Лимбургерхоф, 2004. – С. 117–135.
5. Ишкова Т. И. Вредоносность ринхоспориоза ячменя и ржи и влияние факторов породы на динамику болезни // Эколог. аспекты вредоносности болезней зерновых культур: сб. науч. тр. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т защиты растений; ред. К. В. Новожилов, А. Е. Чумаков. – Л. 1987. – С. 52–57.
6. Назарова Л. Н., Фоченкова Т. В., Корнева Л. Г. Болезни озимой ржи // Защита растений. – 1992. – № 5. – С. 52–53.
7. Жуковская А. А. Ринхоспориоз на зерновых культурах и его диагностика // Наше сел. хоз-во. Сер. Агрономия. – 2022. – № 23. – С. 2–5.
8. Histopathological study of barley cultivars resistant and susceptible to *Rhynchosporium secalis* / K. Xi Carisse [et al.]. – *Phytopathology*. – 2000. – Vol. 90. – №. 1. – P. 94–102.
9. Метод получения инокулюма *RHYNCHOSPORIUM SECALIS* (OUD.) DAVIS для создания искусственного инфекционного фона / Л. Н. Назарова и др. // Микология и фитопатология. – 1998. – Т. 32, вып. 6. – С. 83–88.
10. Коновалова, Г. С. Источники устойчивости ячменя из юго-восточной Азии к возбудителю ринхоспориоза (*RHYNCHOSPORIUM SECALIS*) / Г. С. Коновалова, О. Н. Соболева // Микология и фитопатология. – 2010. – Т. 44, вып. 3. – С. 248–253.
11. Назарова Л. Н., Полякова Т. М. Защита озимой ржи от ринхоспориоза // Защита и карантин растений. – 1996. – № 6. – С. 20–21.
12. Чумаков А. Е., Захарова Т. И. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур; ВАСХНИЛ, ВНИИ защиты растений. – М.: Агропромиздат, 1990. – 127 с.
13. Буга С. Ф., Ушкевич Л. А., Крачковский А. П. Прогнозирование развития ринхоспориоза озимой ржи на основе многофакторной линейной регрессионной модели // Ахова раслін. – 2001. – № 2. – С. 10–12.
14. Вредоносность ринхоспориоза озимой ржи / С. Ф. Буга и др. // Актуальные проблемы фитовирусологии и защиты растений: материалы науч. конф., посвящ. 85-летию А. Л. Амбросова, Прилуки, 16 июня 1997 г. / БелНИИ защиты растений. – Минск, 1997. – С. 57–58.
15. Буга С. Ф., Ушкевич Л. А. Ринхоспориоз озимой ржи и эколого-экономическое обоснование технологии химической защиты от болезней // Известия акад. аграр. наук Респ. Беларусь. – 1996. – № 2. – С. 51–54.
16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований): учебник. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
17. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений; под ред. С. Ф. Буги. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2007. – 512 с.

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ, КАЧЕСТВО И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Е. Л. ИОНАС

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

(Поступила в редакцию 29.04.2024)

В мировом земледелии наблюдается прямая зависимость уровня сельскохозяйственного производства от применения удобрений и средств защиты растений. Развитие химизации позволило заметно ослабить влияние неблагоприятных погодных условий, повысить урожайность сельскохозяйственных культур. В настоящее время около половины прироста урожая в республике получают благодаря удобрениям.

Очень важно научиться управлять продуктивностью растений и качеством растениеводческой продукции, обеспечивая оптимальные условия питания растений на протяжении вегетационного периода путем внесения удобрений, широко используя методы почвенно-растительной диагностики. Для этого необходимы знания о химическом составе и питании растений, свойствах почв, минеральных удобрений, особенностях их применения и влияния на качество растениеводческой продукции.

В исследованиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» изучено влияние комплексных удобрений и регуляторов роста на урожайность, качество и химический состав клубней картофеля сорта Волат на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо – восточной части Беларуси.

Максимальная продуктивность картофеля (31,1 т/га) у сорта Волат была получена от некорневой подкормки Нутривантом плюс на фоне N70P80K120. Обработка посадок картофеля Нутривантом плюс повышала урожайность клубней сорта Волат по отношению к фону на 4,7 т/га (с 26,4 до 31,1), увеличивала выход крупной фракции клубней на 2,9 % и крахмала на 0,4 т/га, увеличивало количество сырого протеина на 2,0 %, увеличивало содержание азота, фосфора, калия в клубнях картофеля на 0,32; 0,04 и 0,07 %, а также содержание меди на 0,13 мг/кг и снижало количество растворимых углеводов к фону на 0,09 %, соответственно.

Ключевые слова: картофель, комплексные удобрения, регуляторы роста, дерново-подзолистая почва, урожай, качество.

In world agriculture, there is a direct dependence of the level of agricultural production on the use of fertilizers and plant protection products. The development of chemicalization has made it possible to significantly reduce the impact of unfavorable weather conditions and increase crop yields. Currently, about half of the increase in crop yield in the republic is due to fertilizers.

It is very important to learn how to manage plant productivity and the quality of crop products, providing optimal plant nutrition conditions during the growing season by applying fertilizers, and widely using soil and plant diagnostic methods. This requires knowledge about the chemical composition and nutrition of plants, the properties of soils, mineral fertilizers, the peculiarities of their use and the impact on the quality of crop products.

In the research of the Belarusian State Agricultural Academy, the influence of complex fertilizers and growth regulators on the yield, quality and chemical composition of potato tubers of the Volat variety on sod-podzolic light loamy soil in the north-eastern part of Belarus was studied.

The maximum potato productivity (31.1 t/ha) of the Volat variety was obtained from foliar feeding with Nutrivant plus against the background of N70P80K120. Treatment of potato plantings with Nutrivant plus increased the yield of tubers of the Volat variety compared to the background by 4.7 t/ha (from 26.4 to 31.1), increased the yield of the large fraction of tubers by 2.9 % and starch by 0.4 t/ha, increased the amount of crude protein by 2.0 %, increased the content of nitrogen, phosphorus, potassium in potato tubers by 0.32; 0.04 and 0.07 %, as well as copper content by 0.13 mg/kg and reduced the amount of soluble carbohydrates to the background by 0.09 %, respectively.

Key words: potatoes, complex fertilizers, growth regulators, soddy-podzolic soil, yield, quality.

Введение

Применение минеральных удобрений влияет не только на количественные и качественные показатели урожая сельскохозяйственных культур, но и на состояние почвенного плодородия, причем современная стратегия применения минеральных удобрений направлена на сохранение и постепенное повышение уровня плодородия с учетом круговорота питательных веществ в севообороте. Иными словами, следует достигать положительного баланса питательных элементов в почве [1–2]. При этом интенсификация производства растениеводческой продукции повышает потребность растений не только в макро-, но и микроэлементах [3].

Использование микроэлементов под картофель необходимо не только для обеспечения высокой продуктивности, но и для улучшения качества клубней. Следует учитывать также и то, что новые высокопродуктивные сорта имеют интенсивный обмен веществ, который требует достаточной обеспеченности всеми элементами питания, включая и микроэлементы. Поэтому в системе мероприятий, обеспечивающих высокие урожаи картофеля, культура применения удобрений имеет первостепенное значение [4–6].

Практический опыт показывает, что наименее энергетически затратным и наиболее эффективным является применение комплексных удобрений с макро- и микроэлементами, которые стали широко применяться со второй половины XX века в развитых странах [7].

Цель исследований – изучить влияние комплексных удобрений и регуляторов роста на урожайность, качество и химический состав клубней среднеспелого сорта картофеля Волат на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в северо-восточной части Беларуси.

Основная часть

Экспериментальные исследования проводились в 2020–2021 гг. на территории УНЦ «Опытные поля Белорусской государственной с.-х. академии» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемым с глубины около 1 м моренным суглинком. Почва опытного участка – с низким и средним содержанием гумуса (1,2–1,8 %), слабкокислой и близкой к нейтральной реакцией почвенной среды ($\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,5-6,1$), повышенным содержанием подвижных форм фосфора (209,0–266,0 мг/кг почвы) и калия (294,0–295,0 мг/кг почвы), средним содержанием подвижных форм меди и низким и средним содержанием цинка (1,54–1,71 и 1,53–3,75 мг/кг почвы соответственно).

В качестве объекта исследований выступал среднеспелый сорт Волат, внесен в Госреестр РБ в 2015 году.

Посадку картофеля проводили в 2020 году 11 мая и 14 мая в 2021 году картофелесажалкой КСМ – 4 с густотой посадки 48–50 тыс. шт/га. Предшественником картофеля был яровой рапс. Общая площадь делянки 25,2 м², учетной – 12,6 м². Агротехника возделывания картофеля общепринятая для условий Могилевской области.

В опытах применяли карбамид (46 % N), аммонизированный суперфосфат (9 % N; 30 % P₂O₅), аммофос (10 % N; 35 % P₂O₅) и хлористый калий (60 % K₂O).

Для некорневой подкормки использовали израильское комплексное удобрение Нутривант плюс (картофельный) с содержанием (N₀+P₄₃+K₂₈+Mg₂+B_{0,5}+Mn_{0,2}+Zn_{0,2} + фертивант), которое вносили по вегетирующим растениям у сорта Волат по 2,0 кг/га в фазу смыкания ботвы, в фазу бутонизации и в фазу клубнеобразования. Также использовали польское комплексное удобрение Адоб Профит со следующим содержанием: азот (10 %), фосфор (40 %) калий (8 %), бор (0,05 %), медь (0,1 %), марганец (0,1 %), цинк (0,1 %), магний (3,0 %), молибден (0,01 %), в дозе 2,0 кг/га в фазу высоты растений 15–20 см и в фазу цветения. В опыте применяли белорусское комплексное удобрение МикроСтимВ, С_и включающее (N – 65 г/л, В – 40 г/л, С_и – 40 г/л, гуминовые вещества 0,6 – 6,0 мг/л) в дозе 1,3 л/га в фазу начала бутонизации, а также регулятор роста Оксигумат (картофель) с содержанием гуминовых веществ, макро – и микроэлементов (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, B, Mn). 6%-ный концентрат биологически активных веществ (в перерасчете на ОМ – 90 %) в дозе 1,0 л/га в фазу высоты растений 15–20 см и в фазу бутонизации.

Уход за посадками картофеля состоял из трёхкратных междурядных обработок культиватором-окуучником. В 2020 году до появления всходов вносили почвенный гербицид Мистрал в дозе (1,0 кг/га), по всходам Фюзилад Форте (1,0 л/га), проводили две обработки против фитофтороза препаратом Акробат МЦ (2,0 кг/га) и одну обработку Трайдекс (1,5 кг/га), инсектицидная обработка проводилась препаратом Борей (0,12 л/га) двукратно. В 2021 году до всходов картофеля использовали почвенный гербицид Мистрал в дозе (1,0 кг/га), по всходам против однолетних и многолетних двудольных и злаковых применяли гербицид Кассиус ВРП (50 г/га) и Фюзилад Форте в дозе (1,8 л/га). Фунгицидные обработки проводили Орвего (0,8 л/га) и РидомилГолд МЦ в дозе (2,5 кг/га), инсектицидную обработку осуществляли препаратом Актара (0,07 кг/га).

В течение вегетации проводили фенологические наблюдения и учеты в соответствии с методикой исследований по культуре картофеля [8]. Учет урожая проводили сплошным поделяночным методом с определением его структуры путем взвешивания клубней по фракциям.

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

Оценку технологических показателей клубней картофеля (потемнение мякоти в сыром и вареном виде) выполняли согласно методическим рекомендациям РУП НПЦ НАН Беларуси по картофелевод-

ству и плодоовощеводству «Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля» [9].

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову.

Применение по вегетирующим растениям комплексных удобрений с содержанием макро-, микро-элементов и регуляторов роста у сорта Волат (в среднем 2020–2021 гг.) оказывает положительное влияние на урожайность и фракционный состав клубней картофеля (табл. 1).

Таблица 1. Влияние комплексных удобрений и регуляторов роста и на урожайность и фракционный состав клубней картофеля сорта Волат

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожая к фону, т/га	Окупаемость 1 кг д.в. NPK удобрений урожаем клубней, кг	Масса клубней по фракциям, г/куст % от общей массы		
				менее 30 мм	30–60 мм	более 60 мм
1. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ – Фон	26,4	–	–	89,3/15,7	514,4/76,5	64,5/7,9
2. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +МикроСтим В, Cu	30,2	3,8	14,1	35,8/4,9	652,9/85,7	90,1/9,5
3 N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Нутривант плюс	31,1	4,7	17,4	57,1/5,2	632,0/84,1	103,6/10,8
4. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Адоб Профит	29,6	3,2	11,9	33,3/4,6	593,6/84,6	95,8/10,8
5. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Оксигумат (картофель)	29,0	2,6	9,6	54,3/8,5	545,6/80,2	98,2/11,4
НСР ₀₅	1,3	–	–	89,3/15,7	514,4/76,5	64,5/7,9

У среднеспелого сорта Волат урожайность клубней с внесением до посадки (N₇₀P₈₀K₁₂₀) составила 26,4 т/га.

При использовании удобрений МикроСтимВ, Cu, Адоб Профит, и регулятора роста Оксигумат (картофель) на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ прибавка урожайности картофеля к фону составила 3,8; 3,2 и 2,6 т/га при окупаемости 1 кг NPK кг клубней 14,1; 11,9 и 9,6 кг, соответственно.

Максимальная продуктивность картофеля (31,1 т/га) у сорта Волат в среднем за два года исследований (2020–2021 гг.) была получена от некорневой подкормки Нутривантом плюс на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀. В этом варианте окупаемость 1 кг NPK урожаем клубней составила 17,4 кг.

На фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ выход мелкой фракции клубней менее 30 мм в структуре урожая составил 15,7 %. Минимальная доля мелких клубней была получена при применении Адоб Профит (4,6 %) и МикроСтиваВ, Cu (4,9 %), выход средней фракции в этих вариантах был максимальным (84,6 % и 85,7 % соответственно).

В среднем за два года исследований (2020–2021 гг.) обработка растений Оксигуматом (картофель) способствовала увеличению крупной фракции клубней более 60 мм до 11,4 %, превышая фон N₇₀P₈₀K₁₂₀ на 3,5 %.

У среднеспелого картофеля сорта Волат использование комплексных удобрений Нутривант плюс, Адоб Профит и МикроСтимВ, Cu на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ не влияло на содержание крахмала в клубнях картофеля, но увеличивало выход крахмала на 0,4–0,5 т/га в связи с возрастанием урожайности (табл. 2).

Содержание сухого вещества в клубнях картофеля во всех вариантах опыта находилось на уровне фона.

Некорневая подкормка Адоб Профит увеличивало количество витамина С на 0,74 мг %, сырого протеина на 3,56 % и снижало количество растворимых углеводов к фону на 0,07 % по сравнению с фоном, где данное комплексное удобрение не применялось.

Обработка посадок картофеля Нутривантом плюс на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ в среднем за 2020–2021 гг. увеличивало количество сырого протеина на 2,0 % и снижало количество растворимых углеводов к фону на 0,09 %, соответственно.

Использование регулятора роста Оксигумат (картофель) повышало содержание витамина С на 1,09 мг %, сырого протеина на 0,5 % и снижало количество растворимых углеводов к фону на 0,17 %, соответственно.

Таблица 2. Влияние комплексных удобрений и регуляторов роста на качество клубней картофеля сорта Волат (среднее за 2020–2021 гг.)

Вариант	Содержание крахмала, %	Выход крахмала, т/га	Сухое вещество, %	Витамин С, мг %	Сырой протеин, % на сухое вещество	Растворимые углеводы, %	Нитраты (мг/кг)
1. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ – Фон	17,7	4,7	25,51	19,41	8,75	0,75	21,9
2. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +МикроСтим В, Си	16,9	5,1	23,92	20,21	8,94	0,73	22,1
3. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Нутривант плюс	16,6	5,1	23,82	19,21	10,75	0,66	17,7
4. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Адоб Профит	17,2	5,2	24,52	20,15	12,31	0,68	21,1
5. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Оксигумат (картофель)	16,2	4,7	22,15	20,5	9,25	0,58	23,3
НСР ₀₅	0,4	–	0,6	0,5	0,5	0,04	8,6

Во всех вариантах опыта содержание нитратов в клубнях картофеля сорта Волат не превышало ПДК и в среднем за 2020–2021 гг. находилось в пределах от 17,7 до 23,3 мг/кг сырой продукции.

Незначительное потемнение мякоти клубней в сыром виде (8 баллов) по девятибалльной шкале было отмечено с использованием Нутриванта плюс и МикроСтива В, Си на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ (табл. 3).

Таблица 3. Влияние комплексных удобрений и регуляторов роста на потемнение мякоти клубней картофеля сорта Волат

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

Внесение до посадки картофеля N₇₀P₈₀K₁₂₀, а также применение комплексного удобрения Адоб Профит и регулятора роста Оксигумат на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀ способствовало ферментативному потемнению клубней до 6,3 баллов.

В среднем за два года исследований у сорта Волат не было отмечено существенного (неферментативного) потемнения мякоти клубней картофеля после варки.

Картофель характеризуется отличным от зерновых культур поступлением питательных веществ в растения. Установлено, что ранние сорта картофеля с более коротким периодом вегетации ускоренными темпами потребляют элементы питания в отличие от поздних сортов, которые основное количество элементов используют в период наиболее мощного развития ботвы и активного роста клубней.

Химический состав растений может изменяться в зависимости от сортовых особенностей, почвенно-климатических условий, агротехники возделывания сельскохозяйственных культур, уровней применения удобрений и других факторов.

В наших исследованиях также большой интерес представляет изучение содержания элементов питания в ботве и клубнях картофеля под влиянием макро- и микроудобрений удобрений, регуляторов роста в зависимости от сортовых особенностей культуры.

При исследовании химического состава ботвы и клубней среднеспелого сорта Волат были также проанализированы растительные образцы на содержание азота, фосфора, калия, а также меди и цинка в клубнях картофеля (табл. 4).

Таблица 4. Влияние комплексных удобрений и регуляторов роста на химический состав картофеля сорта Волат (среднее за 2020–2021 гг.)

Вариант	Содержание, % на сухое вещество						Cu, мг/кг в клубнях	Zn, мг/кг в клубнях
	ботва			клубни				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Сорт Волат								
1. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ – Фон	1,36	0,48	2,94	1,40	0,76	2,75	4,42	10,61
2. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +МикроСтим В, Си	1,38	0,46	3,17	1,43	0,78	2,64	5,1	10,23
3. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Нутривант плюс	1,46	0,46	3,04	1,72	0,80	2,82	4,55	10,92
4. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Адоб Профит	1,40	0,48	2,76	1,97	0,78	2,78	4,79	12,08
5. N ₇₀ P ₈₀ K ₁₂₀ +Оксигумат (картофель)	1,28	0,46	2,94	1,48	0,73	2,86	4,61	11,87
НСР ₀₅	0,04	0,02	0,06	0,08	0,03	0,04	0,12	0,7

В среднем за два года исследований по накоплению азота в ботве картофеля максимальное значение (1,46 %) от некорневой подкормки было получено с применением Нутриванта плюс на фоне N₇₀P₈₀K₁₂₀. Несколько ниже содержание азота в ботве (1,40 %) было при использовании Адоб Профит.

Применение МикроСтива, Си, а также Нутриванта плюс увеличивало содержание калия в ботве на 0,23 и 0,10 %.

Некорневая подкормка Нутривантом плюс увеличивала содержание азота, фосфора, калия в клубнях картофеля на 0,32; 0,04 и 0,07 %, а также содержание меди на 0,13 мг/кг, соответственно.

Внесение $N_{70}P_{80}K_{120}$ +Адоб Профит способствовало накоплению азота в клубнях до 1,97 %, что превышало фон на 0,57 %.

Обработка растений Оксигуматом (картофель) увеличивала содержание азота и калия в клубнях на 0,08 и 0,11 %, а содержание цинка на 1,26 мг/кг соответственно.

Максимальное значение содержания цинка в клубнях картофеля (12,08 мг/кг) было получено от некорневой подкормки Адоб Профит, превышая фон на 1,47 мг/кг соответственно.

Превышение допустимой нормы для продовольственного картофеля по содержанию меди в клубнях у сорта Волат в наших исследованиях отмечено не было. Применение по вегетирующим растениям комплексных удобрений и регуляторов роста на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ увеличивало содержание меди в клубнях на 0,13 – 0,68 мг/кг.

Заключение

1. При использовании удобрений МикроСтив, Си, Адоб Профит, и регулятора роста Оксигумат (картофель) на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$ прибавка урожайности картофеля среднеспелого сорта Волат к фону составила 3,8; 3,2 и 2,6 т/га при окупаемости 1 кг/га клубней 14,1; 11,9 и 9,6 кг соответственно.

2. Некорневая подкормка Адоб Профит увеличивала количество витамина С на 0,74 мг %, сырого протеина на 3,56 % и снижала количество растворимых углеводов к фону на 0,07 % по сравнению с фоном, где данное комплексное удобрение не применялось.

3. Обработка растений Оксигуматом (картофель) повышала содержание витамина С на 1,09 мг %, сырого протеина на 0,5 %, увеличивала содержание азота и калия в клубнях на 0,08 и 0,11 %, содержание цинка на 1,26 мг/кг и снижала количество растворимых углеводов к фону на 0,17 % соответственно.

4. Максимальная продуктивность картофеля (31,1 т/га) у сорта Волат была получена от некорневой подкормки Нутривантом плюс на фоне $N_{70}P_{80}K_{120}$. Обработка посадок картофеля Нутривантом плюс повышала урожайность клубней сорта Волат по отношению к фону на 4,7 т/га (с 26,4 до 31,1), увеличивала выход крупной фракции клубней на 2,9 % и крахмала на 0,4 т/га, количество сырого протеина на 2,0 %, увеличивала содержание азота, фосфора, калия в клубнях картофеля на 0,32; 0,04 и 0,07 %, а также содержание меди на 0,13 мг/кг и снижала количество растворимых углеводов к фону на 0,09 % соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вильдфлуш И. Р., Хизанейшвили Н. Э. Применение комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок при возделывании свеклы столовой // Земледелие и растениеводство. – 2021. – № 3. (136) – С. 18–21.

2. Столяров А. И., Рекомендации по применению жидких комплексных удобрений в овощеводстве / А. И. Столяров, Э. К. Эйсерт, Ю. Е. Владимирский; под ред. Л. В. Ушкановой. – Краснодар: Произв. упр. сел. хоз-ва Краснодарского крайисполкома, 1979. – 20 с.

3. Петриченко В. Н., Логинов С. В. Применение регуляторов роста растений нового поколения на овощных культурах // Агробиологический вестник. – 2010. – № 2. – С. 24–26.

4. Применение новых форм минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: рекомендации / И. Р. Вильдфлуш и др. – Горки: БГСХА, 2014. – 38 с.

5. Вильдфлуш И. Р., Ионас Е. Л. Эффективность применения новых форм комплексных удобрений при возделывании среднераннего сорта картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 2. – С. 21–24.

6. Ионас Е. Л. Эффективность применения новых форм комплексных удобрений и регуляторов роста при возделывании среднепозднего картофеля на дерново-подзолистой почве // Вестн. БГСХА. – 2016. – № 3. – С. 86–90.

7. Комплексные удобрения для сельскохозяйственных культур: перспективные разработки / В. В. Лапа и др. // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1 (42). – С. 197–201.

8. Методика исследований по культуре картофеля / НИИ картофельного хозяйства; редкол.: Н. С. Бацанов и др. – Москва, 1967. – 265 с.

9. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С. А. Банадысев и др. – Минск, 2003. – 70 с.

МЕХАНИЗАЦИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК [631/358:634.7]:634.739.3

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ У ПОВЕРХНОСТИ ЗАТОПЛЕННОГО ЧЕКА ЯГОДНОГО ВОРОХА ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УБОРКЕ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ

П. Ю. КРУПЕНИН, А. Г. ЛЯГУСКИЙ

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

(Поступила в редакцию 15.02.2024)

Механизированная уборка клюквы крупноплодной осуществляется преимущественно мокрым способом. Для плантаций клюквы крупноплодной в Республике Беларусь рациональным техническим средством для отделения ягод от побегов является битерный хедер, обеспечивающий отделение более 80 % ягод за один проход агрегата. Недостатком его работы является отрыв некоторых частей растений: листьев и стеблей как самого кустарничка клюквы, так и сорных растений, в результате чего у поверхности затопленного чека образуется плавающий ягодный ворох, состоящий из ягод и растительных примесей длиной от 1...2 до 40...50 см.

Перспективным типом технических средств для забора ягодного вороха с поверхности затопленного чека являются гидротранспортные установки. С целью адаптации данного технического средства для работы в условиях высокой засоренности ягодного вороха предложено оснастить установку активным гребневым конвейером, обеспечивающим механизированное отделение длинных примесей от вороха.

Для обоснования параметров гребневого конвейера в статье выполнено аналитическое описание формы ягоды клюквы крупноплодной и разработана методика определения координаты поверхности воды относительно геометрического центра свободно плавающих ягод. Описан процесс формирования ягодного вороха при уплотнении понтоном свободно плавающих ягод и определено их количество на 1 м² поверхности воды для характерных ситуаций: контакт ягод крупной фракции с ягодами мелкой фракции, крупной с крупной, мелкой с мелкой.

Разработана методика определения толщины надводной и подводной частей ягодного вороха в зависимости от количества ягод на 1 м² поверхности воды. Установлено, что толщина подводной части в 2,2...2,8 раза превышает толщину надводной, что увеличивает содержание в ворохе плавучих примесей и может являться фактором, влияющим на величину потерь ягод в процессе отделения длинных примесей с помощью гребневого конвейера.

Ключевые слова: клюква крупноплодная, теоретические исследования, аналитическая геометрия, техническое обеспечение, гидротранспорт, Mathcad.

Mechanized harvesting of large-fruited cranberries is carried out mainly using the wet method. For large-fruited cranberry plantations in the Republic of Belarus, a rational technical means for separating berries from shoots is a beater header, which ensures the separation of more than 80 % of the berries in one pass of the unit. The disadvantage of its work is the tearing off of some parts of the plants: leaves and stems of both the cranberry bush itself and weeds, as a result of which a floating heap of berries is formed at the surface of the flooded basin, consisting of berries and plant impurities with a length of 1...2 to 40...50 cm.

A promising type of technical means for collecting a heap of berries from the surface of a flooded basin is hydraulic transport installations. In order to adapt this technical means for working in conditions of high contamination of the berry heap, it is proposed to equip the installation with an active ridge conveyor, which ensures the mechanized separation of long impurities from the heap.

To substantiate the parameters of the ridge conveyor, the article provides an analytical description of the shape of the large-fruited cranberry and develops a method for determining the coordinates of the water surface relative to the geometric center of free-floating berries. The process of forming a heap of berries when free-floating berries are compacted by a pontoon is described and their quantity per 1 m² of water surface is determined for typical situations: contact of berries of the large fraction with berries of the small fraction, large with large, small with small.

A method has been developed for determining the thickness of the surface and underwater parts of a berry heap depending on the number of berries per 1 m² of water surface. It has been established that the thickness of the underwater part is 2.2...2.8 times greater than the thickness of the surface part, which increases the content of floating impurities in the heap and may be a factor influencing the amount of berry loss in the process of separating long impurities using a ridge conveyor.

Key words: large-fruited cranberry, theoretical research, analytical geometry, technical support, hydraulic transport, Mathcad.

Введение

В плодах клюквы крупноплодной содержится богатый комплекс биологически активных соединений: органических кислот, полифенолов, витаминов, углеводов, пектиновых веществ, макро- и микроэлементов. Уникальный химический состав ягод обуславливает их высокую пищевую и лечебно-профилактическую ценность, а также делает их ценным сырьем для пищевой и фармацевтической промышленности [1].

Для выращивания клюквы в промышленных объемах используют культурный вид данного растения – Клюква крупноплодная (*Vaccinium macrocarpon*). Лидирующей страной по выращиванию данной культуры являются США, где клюкву выращивают на площади порядка 15800 га, собирая в год до 400 тыс. т ягод. Со значительным отставанием от США следует Канада, выращивая около 170 тыс. т в год на площади в 7500 га. Урожайность в этих двух странах достигает 24...29 т/га. Остальные страны значительно отстают. Третье место занимает Чили: урожайность – 7 т/га, площадь ягодников – 410 га [2].

На постсоветском пространстве наибольшие успехи в промышленном выращивании клюквы крупноплодной достигнуты в Республике Беларусь. Крупнейшим производителем этой культуры является ОАО «Полесские Журавины», основанное в 1985 году. Предприятие располагает 72 чеками совокупной площадью 66 га. Максимальная биологическая урожайность клюквы крупноплодной в агроклиматических условиях Беларуси составляет 12...15 т/га, средняя – 5...6 т/га [3, 4].

Механизованная уборка клюквы крупноплодной осуществляется преимущественно мокрым способом, заключающимся в выполнении следующих технологических операций: 1) заполнение чека водой; 2) механическое отделение ягод от побегов; 3) сбор и перемещение к зоне выгрузки плавающего у поверхности воды ягодного вороха с помощью понтона; 4) забор ягодного вороха с поверхности воды, отделение ягод от примесей с последующей погрузкой в транспортные средства; 5) выпуск воды из чека [5].

В сложившихся агротехнологических условиях на плантациях клюквы крупноплодной в Республике Беларусь наиболее рациональным типом технических средств для отделения ягод от побегов является передненавесной битерный хедер, рабочий орган которого представляет собой вращающийся прутковый или планчатый барабан. Битерный хедер за один проход отделяет более 80 % ягод, однако вместе с этим происходит отрыв листьев и отдельных стеблей как самого кустарничка клюквы, так и сорных растений, в результате чего на поверхности затопленного чека образуется плавающий ягодный ворох, представляющий собой смесь ягод с растительными примесями (листья, фрагменты стеблей и др.) длиной от 1...2 до 40...50 см.

Перспективным типом технических средств для забора ягодного вороха с поверхности затопленного чека являются гидротранспортные установки, состоящие из центробежного насоса с геликоидальным ротором и разделительного узла в виде наклонного решета для отделения ягод от воды и коротких примесей. Гидротранспортные установки обладают высокой производительностью при минимальном повреждении ягод, однако при высокой засоренности ягодного вороха длинными примесями, что характерно для агротехнологических условий на плантациях клюквы крупноплодной в Республике Беларусь, эффективность их работы снижается и существенно (на 10...12 чел.-ч/т ягод) увеличиваются затраты труда в связи с необходимостью вручную отделять длинные примеси от вороха. С целью устранения указанного недостатка предложена усовершенствованная конструктивно-технологическая схема гидротранспортной установки, оснащенная активным гребневым конвейером, обеспечивающим механизированное отделение длинных примесей от плавающего у поверхности затопленного чека ягодного вороха [6, 7].

Основная часть

Для обоснования рациональных параметров гребневого конвейера необходимо получить математическую модель, описывающую поведение ягодного вороха в воде. В ходе анализа априорной информации установлено, что длина ягод клюквы крупноплодной варьируется в пределах 9...21 мм, ширина – 8...18 мм, масса – 0,57...1,60 г [8]. Основываясь на вышеприведенных данных, представим совокупность ягод клюквы в виде двух размерных фракций, равных друг другу по количеству входящих в них ягод: крупная (средняя длина ягод $L_1 = 0,0175$ м, ширина $D_1 = 0,015$ м, масса $m_1 = 1,27 \cdot 10^{-3}$ кг) и мелкая ($L_2 = 0,0125$ м, $D_2 = 0,011$ м, $m_2 = 0,74 \cdot 10^{-3}$ кг).

Рассмотрим поведение свободно плавающей в воде ягоды клюквы крупноплодной, которая не взаимодействует с другими ягодами. Допустим, что ягода представляет собой эллипсоид с большой осью L и малой – D с однородной (отсутствие флуктуаций плотности) внутренней структурой. В этом

случае устойчивое положение плавающей ягоды будет обеспечиваться при параллельности большой оси L плоскости зеркала воды.

Поместим в геометрический центр ягоды начало системы координат и направим ее ось OY параллельно большой оси ягоды L , а ось OZ – вертикально, т. е. перпендикулярно плоскости зеркала воды (рис. 1). Поверхность ягоды может быть описана каноническим уравнением эллипсоида [9]:

$$\frac{4x^2}{D^2} + \frac{4y^2}{L^2} + \frac{4z^2}{D^2} = 1. \quad (1)$$

Рассмотрим сечение ягоды плоскостью параллельной XOY и расположенной на расстоянии $z \in \left[-\frac{D}{2}; \frac{D}{2}\right]$ от начала системы координат. Согласно свойствам эллипсоида форма его сечения указанной плоскостью представляет собой эллипс с полуосями a и b , длина которых зависит от координаты z [9].

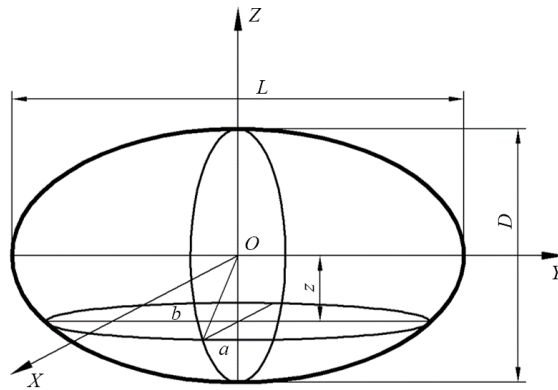


Рис. 1. Представление ягоды клюквы крупноплодной в виде эллипсоида

Рассмотрим сечение ягоды плоскостью XOZ . Согласно свойствам эллипсоида его сечение в данной плоскости является окружностью с радиусом $\frac{D}{2}$, а следовательно полуось a равна:

$$a(z) = \sqrt{\frac{D^2}{4} - z^2}. \quad (2)$$

Рассмотрим сечение ягоды плоскостью YOZ . Согласно свойствам эллипсоида форма его сечения в данной плоскости представляет собой эллипс, описываемый уравнением [9]:

$$\frac{4y^2}{L^2} + \frac{4z^2}{D^2} = 1. \quad (3)$$

Поскольку в рассматриваемом сечении справедливо равенство $|y| = b(z)$, то выражение (3) можно представить в виде:

$$\frac{4b(z)^2}{L^2} + \frac{4z^2}{D^2} = 1,$$

и выразить из него значение полуоси b :

$$b(z) = \frac{L}{2} \sqrt{1 - \frac{4z^2}{D^2}}. \quad (4)$$

Площадь поперечного сечения ягоды клюквы в горизонтальной плоскости равна:

$$S(z) = \pi a(z)b(z) = \frac{\pi L}{2} \sqrt{\frac{4z^2}{D^2} - 2z^2 + \frac{D^2}{2}}, \quad z \in \left[-\frac{D}{2}; \frac{D}{2}\right]. \quad (5)$$

Глубина погружения ягоды клюквы в воду определяется из условия равновесия:

$$V_B(z_B)\rho = m, \quad (6)$$

где $V_B(z_B)$ – объем воды, вытесняемый ягодой при погружении в воду до уровня, соответствующего координате z_B , m^3 ; ρ – плотность воды, kg/m^3 ; m – масса ягоды, kg .

Объем вытесняемой воды V_B может быть получен интегрированием выражения (5):

$$V_B(z_B) = \int_{-\frac{D}{2}}^{z_B} S(z) dz, \quad z_B \in \left[-\frac{D}{2}; \frac{D}{2}\right]. \quad (7)$$

Для определения координаты поверхности воды z_B использовали функционал системы компьютерной алгебры Mathcad [10]. В результате решения уравнения (7) получили значения координат уровня воды для ягод крупной и мелкой фракций составили $z_{B1} = 1,17 \cdot 10^{-3}$ м и $z_{B2} = 3,78 \cdot 10^{-3}$ м, соответственно.

Рассмотрим процесс формирования ягодного вороха у поверхности воды. Введем допущения: 1) ягоды крупной и мелкой фракции равномерно распределены по поверхности воды; 2) продольные оси ягод параллельны друг другу; 3) взаимодействие (контакт) ягод друг с другом осуществляется в плоскости XOZ (см. рис. 1). С учетом вышеприведенных допущений поперечное сечение ягодного вороха из свободно плавающих (не контактирующих друг с другом) ягод показано на рис. 2, а.

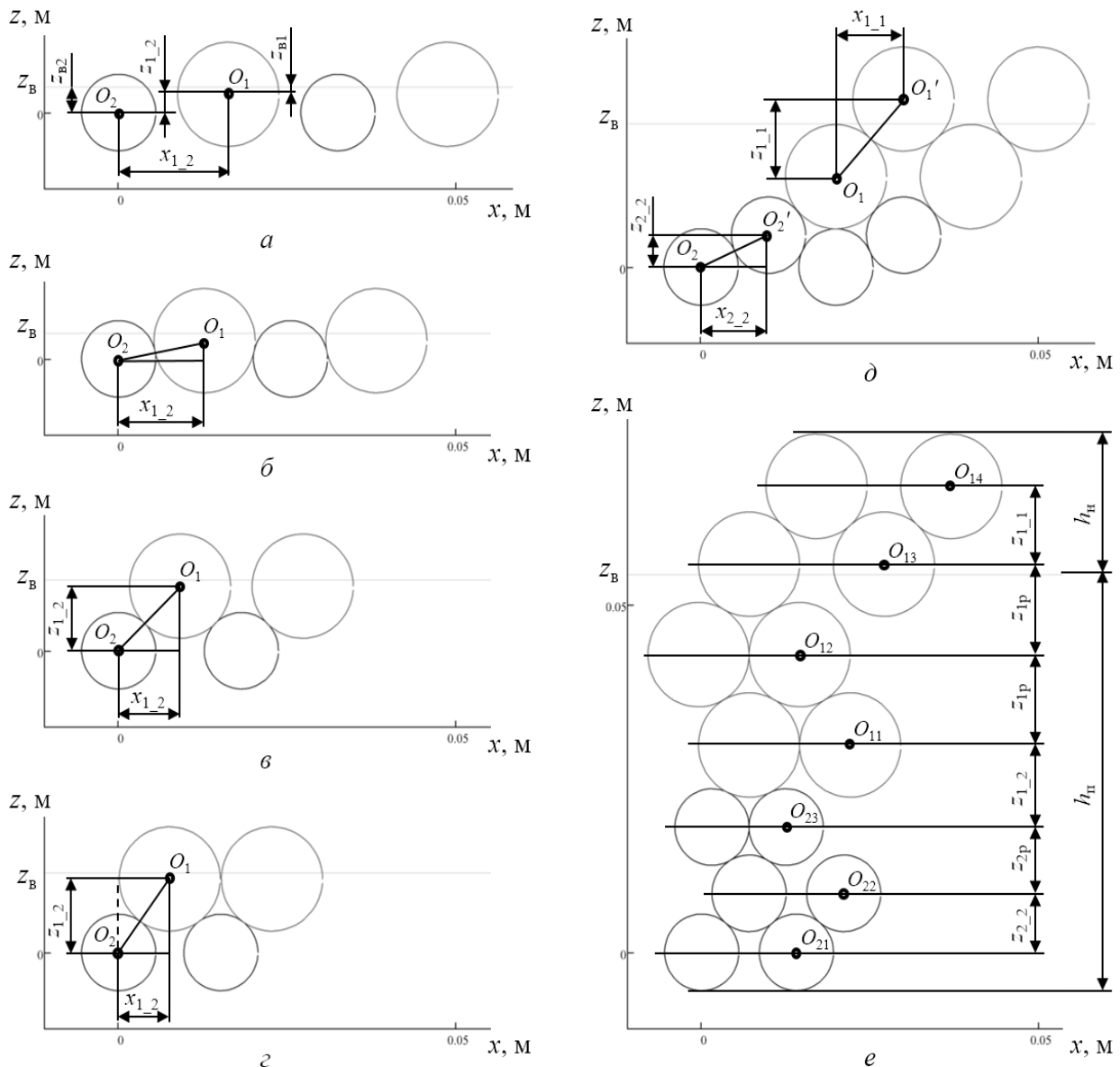


Рис. 2. Поперечные сечения ягодного вороха при различных значениях удельного количества ягод n :
 $a - n < n_1$; $б - n = n_1$; $в - n_1 < n < n_{21}$; $г - n = n_{21}$; $д - n_{22} < n < 2n_{21}$; $е - n > 2n_{22}$

При размещении начала системы координат в центре ягоды мелкой фракции ($x_2 = 0, z_2 = 0$) координаты центра крупной ягоды составят:

$$x_1(n) = x_2 + x_{1_2}(n); \quad (8)$$

$$z_1(n) = z_2 + z_{1_2}(n), \quad (9)$$

где: $x_{1_2}(n)$, $z_{1_2}(n)$ – разность абсцисс и ординат центров крупной O_1 и мелкой O_2 ягод в зависимости от удельного количества ягод на поверхности воды n , м.

В рамках принятых допущений, площадь поверхности воды, занимаемая парой ягод (крупная и мелкая), составит $2x_{1_2}L_1$, а количество ягод на 1 м^2 поверхности будет равно: $n = \frac{2}{2x_{1_2}L_1} = \frac{1}{x_{1_2}L_1}$.

Таким образом, зависимость разности абсцисс $x_{1_2}(n)$ можно представить в виде:

$$x_{1_2}(n) = \frac{1}{nL_1}. \quad (10)$$

Смоделируем процесс уплотнения ягодного вороха понтоном. По мере уплотнения (увеличения удельного количества ягод на поверхности воды n) расстояние x_{1_2} между центрами O_1 и O_2 ягод будет сокращаться и при значении $n = n_1$ большие и мелкие ягоды соприкоснутся (рис. 2, б). Удельное количество ягод n_1 можно определить по формуле:

$$n_1 = \frac{1}{L_1(O_1O_2)_{x1}} = \frac{1}{L_1 \sqrt{\frac{(D_1 + D_2)^2}{4} - (z_{B1} - z_{B2})^2}}, \quad (11)$$

где $(O_1O_2)_{x1}$ – проекция отрезка O_1O_2 на ось абсцисс при $n = n_1$, м.

Дальнейшее уплотнение ягодного вороха понтоном ($n > n_1$) приведет к накатыванию ягод крупной фракции на мелкие ягоды (см. рис. 2, в). При удельном количестве ягод на поверхности воды $n = n_{21}$, произойдет соприкосновение друг с другом ягод крупной фракции (см. рис. 2, г). Значение n_{21} может рассчитано по формуле:

$$n_{21} = \frac{1}{L_1(O_1O_2)_{x21}} = \frac{2}{L_1D_1}, \quad (12)$$

где $(O_1O_2)_{x21}$ – проекция отрезка O_1O_2 на ось абсцисс при $n = n_{21}$, м.

Дальнейшее увеличение количества ягод на 1 м^2 поверхности воды приведет сначала к накатыванию друг на друга ягод крупной фракции (см. рис. 2, д), а потом к соприкосновению друг с другом ягод мелкой фракции, которое произойдет при значении $n = n_{22}$:

$$n_{22} = \frac{2}{L_1(O_2O_2')_{x22}} = \frac{2}{L_1D_2}, \quad (13)$$

где $(O_2O_2')_{x22}$ – проекция отрезка O_2O_2' на ось абсцисс при $n = n_{22}$, м.

Для вышеприведенных параметров ягод клюквы крупноплодной расчетные значения n для характерных случаев составили: $n_1 = 4,49 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$, $n_{21} = 7,62 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$, $n_{22} = 10,39 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$.

При удельном количестве ягод $n > n_{21}$ формирование ягодного вороха происходит на двух уровнях (см. рис. 2, д, е). Нижний уровень образуется более плотными ягодами мелкой фракции, верхний – ягодами крупной фракции. Количество рядов ягод крупной i_{\max} и мелкой j_{\max} фракций равно увеличенному на 1 неполному частному отношений n / n_{21} и n / n_{22} , соответственно:

$$i_{\max} = 1 + n / n_{21}; \quad j_{\max} = 1 + n / n_{22}. \quad (14)$$

При совмещении начала системы координат с геометрическим центром ягоды в нижнем ряду вороха, ордината центров ягод мелкой фракции, расположенных в других рядах, составит:

$$z_{2_j}(n) = \begin{cases} 0, & j = 1; \\ z_{2_2}(n) + z_{2p}(j - 2), & j \geq 2, \end{cases} \quad (15)$$

где j – порядковый номер ряда ягод мелкой фракции, отсчитываемый с нижнего ряда, $j \in [1; j_{\max}]$; $z_{2_2}(n)$ – разность ординат 2-го и 1-го рядов ягод мелкой фракции при $j_{\max} \geq 2$, м; z_{2p} – разность ординат 3-го и 2-го рядов ягод мелкой фракции при $j_{\max} \geq 3$, м.

Ординаты центров ягод в рядах крупной фракции определим по формуле:

$$z_{1i}(n) = z_{2j_{\max}}(n) + z_{1-2}(n) + \begin{cases} 0, & i = 1; \\ z_{1p}(i-1), & 1 < i < i_{\max}; \\ z_{1p}(i-2) + z_{1-1}(n), & i = i_{\max}, i \neq 1, \end{cases} \quad (16)$$

где i – порядковый номер ряда ягод крупной фракции, отсчитываемый с нижнего ряда, $i \in [1; i_{\max}]$; $z_{2j_{\max}}(n)$ – значение $z_{2j}(n)$ вычисленное для $j = j_{\max}$ (ордината центров ягод верхнего ряда ягод мелкой фракции), м; $z_{1-2}(n)$ – разность ординат нижнего ряда ягод крупной фракции и верхнего ряда ягод мелкой фракции, м; z_{1p} – разность ординат 2-го и 1-го рядов ягод крупной фракции при $i_{\max} \geq 3$, м; $z_{1-1}(n)$ – разность ординат последнего ($i = i_{\max}$) и предпоследнего ($i = i_{\max} - 1$) рядов ягод крупной фракции при $i_{\max} \geq 2$, м.

Определим составляющие формул (15–16):

$$z_{1-2}(n) = \begin{cases} z_{в2} - z_{в1}, & n < n_1 \\ \sqrt{\frac{(D_1 + D_2)^2}{4} - x_{1-2}(n)^2}, & n_1 \leq n < n_{21} \\ \max \left[\begin{array}{l} \frac{D_1 + D_2}{2} \sin \left[\arccos \left(\frac{D_2}{D_1 + D_2} \right) - \arccos \left(\frac{x_{2-2}(n)}{D_2} \right) \right] \\ \sqrt{\frac{(D_1 + D_2)^2}{4} - x_{2-2}(n)^2} \end{array} \right], & n_{21} \leq n < 2n_{22} \\ \frac{\sqrt{D_1(D_1 + 2D_2)}}{2}, & n \geq 2n_{22} \end{cases} \quad (17)$$

$$z_{1-1}(n) = \sqrt{D_1^2 - x_{1-1}(n)^2}; \quad (18)$$

$$z_{2-2}(n) = \sqrt{D_2^2 - x_{2-2}(n)^2}; \quad (19)$$

$$z_{1p} = D_1 \sin \left(\frac{\pi}{3} \right); \quad (20)$$

$$z_{2p} = D_2 \sin \left(\frac{\pi}{3} \right), \quad (21)$$

где $x_{1-1}(n)$ – разность абсцисс последнего ($i = i_{\max}$) и предпоследнего ($i = i_{\max} - 1$) рядов ягод крупной фракции при $i_{\max} \geq 2$, м; $x_{2-2}(n)$ – разность абсцисс 2-го и 1-го рядов ягод мелкой фракции при $j_{\max} \geq 2$, м.

Параметры $x_{1-1}(n)$ и $x_{2-2}(n)$ можно определить по формулам:

$$x_{1-1}(n) = \frac{2}{n_1(n)L_1}, \quad n \geq n_{21}; \quad (22)$$

$$x_{2-2}(n) = \frac{2}{n_2(n)L_1}, \quad n \geq n_{22}; \quad (23)$$

где $n_1(n)$ – удельное количество ягод крупной фракции в двух верхних рядах ($i = i_{\max} - 1, i = i_{\max}$), м⁻²; $n_2(n)$ – удельное количество ягод мелкой фракции в 1-м и 2-м рядах ($j = 1, j = 2$), м⁻².

Значения $n_1(n)$ и $n_2(n)$ составят:

$$n_1(n) = n_{21} + n \bmod n_{21}; \quad (24)$$

$$n_2(n) = n_{22} + n \bmod n_{22}, \quad (25)$$

где $n \bmod n_{21}$, $n \bmod n_{22}$ – остаток от деления удельного количества ягод на поверхности воды n на характерные значения n_{21} и n_{22} , соответственно, м⁻².

Посредством модификации формулы (5) получим зависимости для определения площади поперечного сечения ягод крупной и мелкой фракций в i -ом и j -ом рядах ягодного вороха, соответственно:

$$S_{1i}(n, z) = \frac{\pi L_1}{2} \sqrt{\frac{4(z - z_{1i}(n))^2}{D_1^2} - 2(z - z_{1i}(n))^2 + \frac{D_1^2}{2}}, \quad z \in \left[-\frac{D_1}{2} + z_{1i}(n); \frac{D_1}{2} + z_{1i}(n) \right]; \quad (26)$$

$$S_{2j}(n, z) = \frac{\pi L_2}{2} \sqrt{\frac{4(z - z_{2j}(n))^2}{D_2^2} - 2(z - z_{2j}(n))^2 + \frac{D_2^2}{2}}, \quad z \in \left[-\frac{D_2}{2} + z_{2j}(n); \frac{D_2}{2} + z_{2j}(n) \right]. \quad (27)$$

Объем ягод клюквы ниже горизонтальной (параллельной XOY) плоскости, отстоящей на расстоянии z от начала системы координат XYZ , может быть определен по формуле (7) с учетом (26–27):

$$V_{1i}(n, z) = \begin{cases} 0, & z < -\frac{D_1}{2} + z_{1i}(n) \\ \int_{-\frac{D_1}{2} + z_{1i}(n)}^z S_{1i}(z) dz, & -\frac{D_1}{2} + z_{1i}(n) \leq z \leq \frac{D_1}{2} + z_{1i}(n) \\ \frac{\pi D_1^2 L_1}{8}, & z > \frac{D_1}{2} + z_{1i}(n) \end{cases} \quad (28)$$

$$V_{2j}(n, z) = \begin{cases} 0, & z < -\frac{D_2}{2} + z_{2j}(n) \\ \int_{-\frac{D_2}{2} + z_{2j}(n)}^z S_{2j}(z) dz, & -\frac{D_2}{2} + z_{2j}(n) \leq z \leq \frac{D_2}{2} + z_{2j}(n) \\ \frac{\pi D_2^2 L_2}{8}, & z > \frac{D_2}{2} + z_{2j}(n) \end{cases} \quad (29)$$

Объем 1 м² ягодного вороха (собственный объем ягод клюквы в ворохе) составит:

$$V_{\text{яв}}(n, z) = \frac{n}{2} \left[\sum_{i=1}^{i_{\max}} \frac{V_{1i}(n, z)}{i_{\max}} + \sum_{j=1}^{j_{\max}} \frac{V_{2j}(n, z)}{j_{\max}} \right]. \quad (30)$$

Координата $z_{\text{в}}$ может быть определена из условия равновесия ягодного вороха на поверхности воды:

$$V_{\text{яв}}(n, z_{\text{в}}) \rho = \frac{n}{2} (m_1 + m_2). \quad (31)$$

Для решения уравнения (31) относительно координаты $z_{\text{в}}$ использовали функционал системы компьютерной алгебры Mathcad. Например, для удельного количества ягод $n = 2,67 \cdot 10^4 \text{ м}^{-2}$ (см. рис. 2, e), координата уровня воды $z_{\text{в}} = 0,054 \text{ м}$.

Толщину надводной $h_{\text{н}}$ и подводной $h_{\text{п}}$ частей ягодного вороха (см. рис. 2, e) можно рассчитать по формулам:

$$h_{\text{н}}(n) = z_{1i_{\max}}(n) + \frac{D_1}{2} - z_{\text{в}}(n); \quad (32)$$

$$h_{\text{п}}(n) = -\frac{D_2}{2} - z_{\text{в}}(n), \quad (33)$$

где $z_{1i_{\max}}(n)$ – значение $z_{1i}(n)$ вычисленное по формуле (14) для $i = i_{\max}$ (ордината центров ягод верхнего ряда ягод крупной фракции), м.

Графическая зависимость толщины надводной $h_{\text{н}}$ и подводной $h_{\text{п}}$ частей ягодного вороха от удельного количества ягод n на поверхности воды показана на рис. 3.

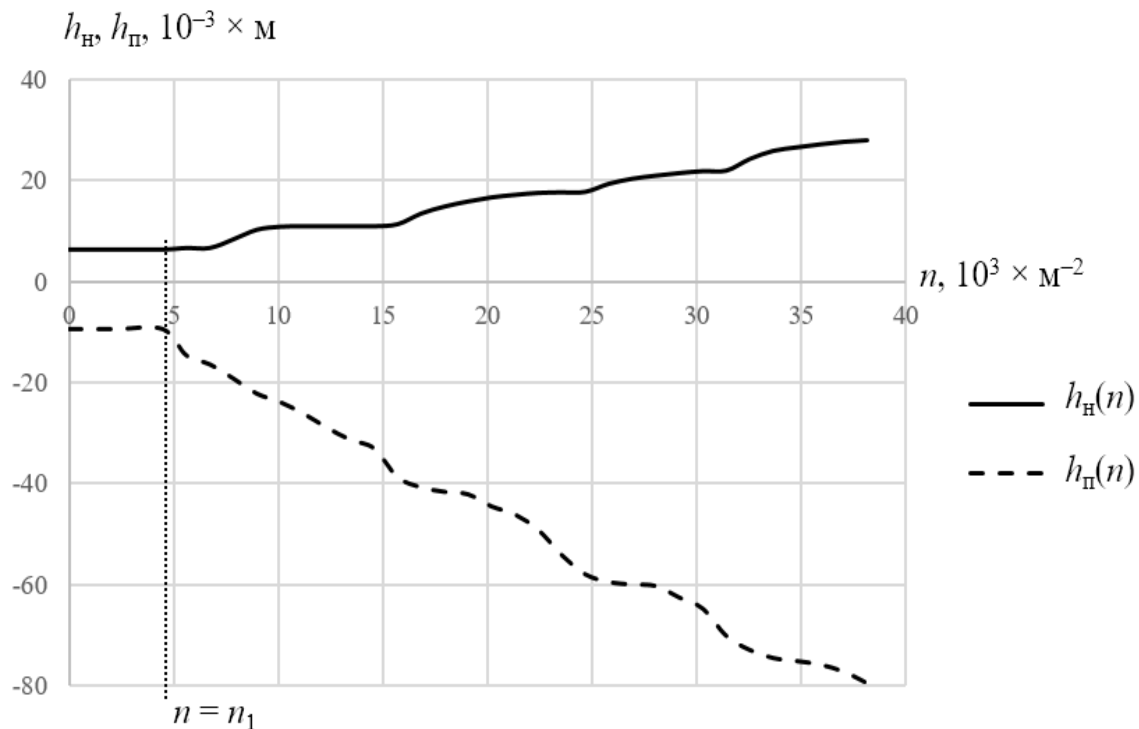


Рис. 3. Зависимость толщины h_n и h_p от удельного количества ягод n

Из графика видно, что при удельном количестве ягод $n < n_1$ толщина ягодного вораха неизменна, т. к. в указанном диапазоне значений n отсутствует взаимодействие (контакт) ягод друг с другом. При увеличении $n > n_1$ происходит накатывание ягод друг на друга и толщина ягодного вораха увеличивается. Следует отметить, что толщина подводной части h_p ягодного вораха в 2,2...2,8 раза превышает толщину его надводной части h_n , что объясняется тем, что при формировании ягодного вораха мелкие, более плотные ягоды оказываются в его нижних слоях и создают меньшую, по сравнению с крупными ягодами, выталкивающую (Архимедову) силу.

Необходимо принимать во внимание, что существенное превышение толщины подводной части h_p ягодного вораха толщины его надводной части h_n увеличивает содержание в ворохе плавучих примесей, механизированное отделение которых может привести к выбрасыванию вместе с ними и некоторого количества ягод. В связи с этим, для снижения потерь продукции, при обосновании параметров гидротранспортной установки для забора ягод клюквы с поверхности воды необходимо учитывать особенности формирования ягодного вораха и предпринимать меры по снижению толщины его подводной части в момент прохождения через гребневой конвейер.

Заключение

1. С использованием формул аналитической геометрии выполнено описание формы ягоды клюквы крупноплодной в виде эллипсоида с большой осью L и малой – D . Разработана методика определения координаты поверхности воды z_b относительно геометрического центра свободно плавающей ягоды клюквы. Установлено, что для ягод крупной (средняя длина ягод $L_1 = 0,0175$ м, ширина $D_1 = 0,015$ м, масса $m_1 = 1,27 \cdot 10^{-3}$ кг) и мелкой ($L_2 = 0,0125$ м, $D_2 = 0,011$ м, масса $m_2 = 0,74 \cdot 10^{-3}$ кг) фракций значения $z_{b1} = 1,17 \cdot 10^{-3}$ м и $z_{b2} = 3,78 \cdot 10^{-3}$ м, соответственно.

2. Математически описан процесс формирования ягодного вораха при уплотнении понтоном свободно плавающих ягод клюквы крупноплодной. Определены значения количества ягод на 1 м^2 поверхности воды для характерных ситуаций: контакт ягод крупной фракции с ягодами мелкой фракции $n_1 = 4,49 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$, крупной с крупной $n_{21} = 7,62 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$, мелкой с мелкой $n_{22} = 10,39 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$.

3. Разработана методика определения толщины надводной h_n и подводной h_p частей ягодного вораха от удельного количества ягод n на поверхности воды. Толщина подводной части h_p ягодного вораха в 2,2...2,8 раза превышает толщину его надводной части h_n , что увеличивает содержание в ворохе плавучих примесей и может являться фактором, влияющим на величину потерь ягод в процессе отделения длинных примесей с помощью гребневого конвейера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клюква крупноплодная в Белоруссии / АН БССР, Центр. ботан. сад. – Минск: Наука и техника, 1987. – 238 с.
2. Sandler, H. Cranberry production. A guide for Massachusetts-summary edition // H. Sandler, C. DeMoranville. – University of Massachusetts, 2008. – 198 p.
3. Характеристика сортов, включенных в Государственный реестр за период с 2005 года по 2007 год / ГУ «Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск, 2007. – 439 с.
4. Ленковец, Т. И. Урожайность и масса плода сортов клюквы крупноплодной, интродуцированных в Беларуси // Плодоводство. – Т. 4. – 2022. – С. 134–139.
5. Крупенин П. Ю., Рендов А. К., Лягуский А. Г. Анализ способов уборки клюквы крупноплодной // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 7–8 декабря 2023 г.) – Брянск: Брянский гос. аграрн. ун-т, 2023. – С. 231–237.
6. Крупенин П. Ю., Рендов А. К., Лягуский А. Г. Направление совершенствования технического обеспечения процесса уборки клюквы крупноплодной // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XVIII Междунар. науч.-практ. конф. (Барнаул, 9–10 февраля 2023 г.). – Т. 1. – Барнаул: Алтайский гос. аграрн. ун-т, 2023. – С. 131–132.
7. Крупенин П. Ю., Рендов А. К., Лягуский А. Г. Техническое обеспечение процесса уборки клюквы крупноплодной // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: сб. науч. ст. 7-й междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 17 ноября 2023 г.). – Ч. 1. – Гомель: Науч.-техн. центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2023. – С. 207–212.
8. Мисун Л. В. Технологические процессы и средства механизации промышленного выращивания брусничных культур: монография. – Минск: БГАТУ, 2008. – 204 с.
9. Постников М. М. Аналитическая геометрия. – Москва: «Наука», 1973. – 751 с.
10. Новиковский Е. А. Работа в системе MathCAD: учебное пособие. – Барнаул: Типография АлтГУ, 2013. – 114 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПРЯМЫХ АНАЛОГОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН НА ПРИМЕРЕ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

В. К. ЛИПСКАЯ

НТЦК ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь, 246010, e-mail: linav84@mail.ru

(Поступила в редакцию 22.02.2024)

В научной статье представлены методические рекомендации по выбору объектов, выступающих в качестве наиболее близких аналогов сельскохозяйственных машин на примере кормоуборочных комбайнов. Построен алгоритм выбора, включающий перечень определяющих критериев: принцип агрегатирования (самоходные, прицепные, навесные (полунавесные); тип ходовой системы (колесный, гусеничный, полугусеничный); нормируемая пропускная способность (расчетная пропускная способность на основании энергоемкости процессов заготовки силоса, сенажа и трав); тип измельчающего аппарата (барabanный, дисковый). Алгоритм позволяет, перемещаясь вниз по схеме и отвечая на приведенные вопросы, отбирать один или несколько комбайнов – прямых аналогов. Для повышения точности и достоверности проводимого анализа должны устанавливаться пространственные и временные ограничения, т.е. поиск машин-аналогов может быть произведен только по отношению к конкретному рынку и моменту времени.

Качество проводимого анализа в большой степени зависит от того насколько верно определена аналогичная продукция.

На основании разработанных методических рекомендаций проведен поиск прямых аналогов кормоуборочных комбайнов ОАО «Гомсельмаш» на рынке Российской Федерации из числа техники производства ООО «КЗ «Ростсельмаш» на начало 2023 года.

Ключевые слова: *практические рекомендации, аналоги, определяющие критерии, алгоритм выбора, сельскохозяйственные машины, кормоуборочные комбайны.*

The scientific article presents methodological recommendations for the selection of objects that act as the closest analogues of agricultural machines using forage harvesters as an example. A selection algorithm has been constructed that includes a list of defining criteria: aggregation principle (self-propelled, trailed, mounted (semi-mounted)); type of undercarriage system (wheeled, tracked, half-tracked); normalized throughput (calculated throughput based on the energy intensity of the processes of harvesting silage, haylage and grass); type of grinding apparatus (drum, disk). The algorithm allows, moving down the diagram and answering the above questions, to select one or more combines – direct analogues. To increase the accuracy and reliability of the analysis, spatial and temporal restrictions must be established. That is, the search for analogue machines can only be done in relation to a specific market and point in time.

The quality of the analysis performed depends to a large extent on how accurately similar products are identified.

Based on the developed methodological recommendations, a search was carried out for direct analogues of forage harvesters of JSC Gomselmash on the market of the Russian Federation from among the equipment produced by KZ Rostselmash LLC at the beginning of 2023.

Key words: *practical recommendations, analogues, defining criteria, selection algorithm, agricultural machines, forage harvesters.*

Введение

В настоящее время рынок сельскохозяйственной техники предлагает различные варианты оснащения хозяйств как зарубежными, так и отечественными машинами. Большое многообразие технических средств, различающихся по огромному количеству параметров, приводит потребителей в замешательство, какую машину приобрести для проведения работ в тех или иных условиях. Для того чтобы выбор был максимально верным, при решении данной проблемы, как и любой другой связанной с поиском, следует ограничить круг потенциальных вариантов. Однако для этого необходимо иметь четкое понимание того, какие из параметров приобретаемой продукции являются основными, а какие второстепенными, т. е. по сути, каждому потребителю приходится решать проблему поиска и выбора наиболее близких аналогов. Если по отношению к простым товарам широкого потребления данный процесс может быть произведен отчасти на интуитивном уровне, то по отношению к сельскохозяйственной технике, а особенно к таким технически сложным машинам как кормоуборочные комбайны он является достаточно трудоемким и требует глубокого знания предметной области.

Стоит отметить, что с такими же вопросами приходится сталкиваться и производителям при решении задач, в основе которых лежит сравнение. Перечислим только некоторые из них: определение технического уровня разрабатываемой продукции, выполнение расчетов экономической эффективности новой техники на всех стадиях ее разработки, осуществление экономической оценки модернизируемых и серийных машин, подготовка нормативов, оценка конкурентоспособности и многое другое. Следовательно, проблема выбора аналогов сельскохозяйственных машин является достаточно актуальной как для потребителей, так и для производителей и представляет огромный интерес для организаций агропромышленного комплекса Республики Беларусь.

Основная часть

В словаре бизнес-терминов приводится определение понятия выбор, которое гласит, что это главный этап процесса принятия решения, состоящий в отборе одного варианта из нескольких возможных [1]. Исходя из этого, правильность принятого решения зависит от того, насколько правильно были выделены объекты в качестве аналогов. Что касается последнего, наиболее точное его значение представлено в ГОСТ 2.116-84: Карта технического уровня и качества продукции. Под аналогом понимается продукция, отечественного или зарубежного производства, подобная сравниваемому изделию, обладающая сходством функционального назначения и условий применения [2].

Учитывая это, а также полученные результаты исследований, установлено, что при выборе аналогов сельскохозяйственных машин, кроме их функционального назначения, следует также учитывать классификационный вид на основании технико-эксплуатационных параметров и конструктивно-технологическое сходство с оцениваемым объектом.

Остановимся на рассмотрении функционального назначения объектов, подлежащих сравнению. Важным условием является, не простая схожесть их главной функции, а полное совпадение. Это обусловлено тем, что в настоящее время на рынке сельскохозяйственной техники представлено огромное количество машин, которые помимо главной функции, могут выполнять одну или несколько дополнительных. При этом последние выступают скорее как опции, так как являются результатом дополнительного оснащения и оказывают влияние в первую очередь на размер цены, следовательно, не могут быть выделены в качестве основных критериев при выборе аналогов.

Что касается классификационного вида, то стоит указать, что оцениваемый объект и его аналог должны относиться к одной группе, классу, категории или виду по соответствующему классификатору на объекты техники, например, по классификатору продукции по видам экономической деятельности. Это связано главным образом с тем, что на рынке все чаще встречаются машины, которые являются функционально взаимозаменяемыми, однако при этом они могут относиться к совершенно разным классификационным группам. Примером такого функционального сходства могут послужить самоходные зерноуборочные комбайны и механизмы для обмолота сельскохозяйственной продукции или кормоуборочные комбайны и косилки. Поэтому недопустимо выбирать их в качестве прямых (близких) аналогов.

Кроме названных классификационных признаков, сравниваемые объекты должны обладать конструктивно-технологическим сходством. При этом у машин-аналогов показатели назначения должны быть либо очень близкими по значению, либо идентичными. Например, у кормоуборочного комбайна это значение производительности; у подъемного крана – грузоподъемность и т.д. В то же время изучаемые объекты могут различаться по величине вторичных параметров, например, по размеру топливного бака или угла поворота силосопровода у кормоуборочного комбайна. Тем не менее, чем больше у них схожих параметров, тем точнее выбран аналог.

Следовательно, при выявлении прямых аналогов оцениваемого объекта обязательным является выполнение следующего условия: полное функциональное и классификационное сходство и частичное конструктивно-технологическое.

В рамках данной работы подробно остановимся на процедуре определения аналогов кормоуборочных комбайнов. Необходимо подчеркнуть, что для повышения точности и достоверности проводимого анализа требуется установление пространственных и временных ограничений, т.е. поиск машин-аналогов должен производиться исключительно по отношению к конкретному рынку и моменту времени.

На следующем этапе должен быть найден перечень наиболее важных критериев для изучаемого вида продукции. С этой целью требуется рассмотреть, какие условия влияют на предпочтения потребителей при покупке кормоуборочных комбайнов, так как от правильного выбора этих машин и их бесперебойной работы зависит конечный результат усилий аграриев. Можно выделить следующие условия: виды убираемых культур и их соотношение; почвенно-климатические условия эксплуатации машин; размер посевных площадей; качество измельчения стеблей; некоторые другие особенности уборки.

Например, механический состав почвы, ее влажность и несущая способность влияют на выбор ходовой системы комбайна. Размер и урожайности полей хозяйств – это важнейшие характеристики, от которых зависит, какого класса производительности или пропускной способности будет приобретена машина. Учитывая изложенное, был выделен перечень определяющих критериев для установления прямых аналогов модели кормоуборочного комбайна на конкретном рынке в определённый момент времени:

- 1) принцип агрегатирования;
- 2) тип ходовой системы;
- 3) нормируемая пропускная способность (расчетная пропускная способность);

4) тип измельчающего аппарата.

Стоит отметить, что другие особенности конструкции, а также комплектация и предлагаемые опции комбайнов, о чем уже отмечалось выше, находят отражение в цене машины и не должны оказывать влияние на выбор аналогов.

По принципу агрегатирования все кормоуборочные комбайны делятся на:

- самоходные;
- прицепные;
- навесные (полунавесные).

По типу ходовой системы различают комбайны, оснащенные колесной (полноприводной или с одним ведущим мостом), гусеничной и полугусеничной системой. Что касается типа измельчающего аппарата, выделяют: барабанного типа (ножи находятся на поверхности барабана с горизонтальной осью, расположенной перпендикулярно направлению движения измельчаемой массы) и дискового (ножи расположены по радиусу диска, ось которого направлена вдоль движения измельчаемой массы).

Замечено, что при отнесении комбайнов к классу пропускной способности часто возникают сложности. Это связано с тем, что отечественными производителями класс пропускной способности указывается далеко не всегда, а зарубежные фирмы в своих проспектах и информационных материалах вовсе не приводят соответствующих данных. Для решения этой проблемы в оценке предлагается использовать значения расчетной пропускной способности. Так, на основании анализа результатов испытаний отечественных и зарубежных кормоуборочных комбайнов, проводимых в разные годы на машиноиспытательных станциях Республики Беларусь, Российской Федерации, Украины, и Республики Казахстан была установлена энергоемкость процессов заготовки силоса из кукурузы в фазе восковой, молочно-восковой спелости зерна, сенажа и трав:

- уборка на силос кукурузы в фазе восковой спелости зерна – 21,4 л.с/кг/с;
- уборка на силос кукурузы в фазе молочно-восковой спелости зерна – 10,4 л.с/кг/с;
- заготовка сенажа из провяленных трав – 22,8 л.с/кг/с;
- кошение трав – 18,2 л.с/кг/с.

В то же время, практика показывает, что точное количественное соответствие величин пропускной способности комбайнов различных производителей маловероятно. В этой связи принято решение группировать их по диапазонам пропускной способности с использованием принципа непрерывной классификации. Ее сущность заключается в том, что класс комбайна идентифицируется величиной, относительно которой сохраняется принятый постоянный классовый интервал равный $\pm 1,0$ кг/с, т.е. вводится понятие «поле допуска», составляющее $\pm 1,0$ кг/с от величины расчетной пропускной способности базового комбайна, по отношению к которому прямой аналог определяется. В табл. 1 представлено распределение кормоуборочных комбайнов ОАО «Гомсельмаш» и ООО «КЗ «Ростсельмаш» (Российская Федерация) по пропускной способности с полем допуска.

Таблица 1. Распределение кормоуборочных комбайнов ОАО «Гомсельмаш» и ООО «КЗ «Ростсельмаш» по пропускной способности с полем допуска $\pm 1,0$ кг/с

Марка машины	ОАО «Гомсельмаш»			Марка машины	ООО «КЗ «Ростсельмаш»	
	Мощность двигателя, л.с.	Пропускная способность на кукурузе восковой спелости, кг/с			Мощность двигателя, л.с.	Пропускная способность на кукурузе восковой спелости нормированная, кг/с
		нормированная	поле допуска			
КДП-3000 (с трактором Т150)	165	7,7	6,7-8,7	–	–	–
КСК-600	235	11,0	10,0-12,0	–	–	–
КВК-6025	255	11,9	10,9-12,9	–	–	–
К-Г-6 УЭС-280	290	13,6	12,6-14,6	DON 680M	290	13,6
КВК-6033С	330	15,4	14,4-16,4	RSM F 1300	330	15,4
FS80	450	21,0	20,0-22,0	RSM F 2450	462	21,6
–	–	–	–	RSM F 1500	510	23,8
–	–	–	–	RSM F 2550	562	26,3
КВК-8060	600	28,0	27,0-29,0	–	–	–
FS650	653	30,5	29,5-31,5	RSM F 2650	643	30,1
КВК-8060-2	686	32,0	31,0-33,0	–	–	–

Для упрощения выбора прямых аналогов кормоуборочных комбайнов, на основании разработанных методических рекомендаций предложен специальный алгоритм (рис. 1). Его сущность заключается в том, что, двигаясь вниз по схеме и отвечая на поставленные вопросы, отсеиваются машины, которые не являются прямыми аналогами. В результате остаются один или несколько близких аналогов, которые и должны участвовать в дальнейших целевых расчетах или анализе. Ранее подобный алгоритм был выработан для зерноуборочных комбайнов с учетом особенностей данного вида сельскохозяйственной техники и уже успел успешно зарекомендовать себя на практике [3, 4].

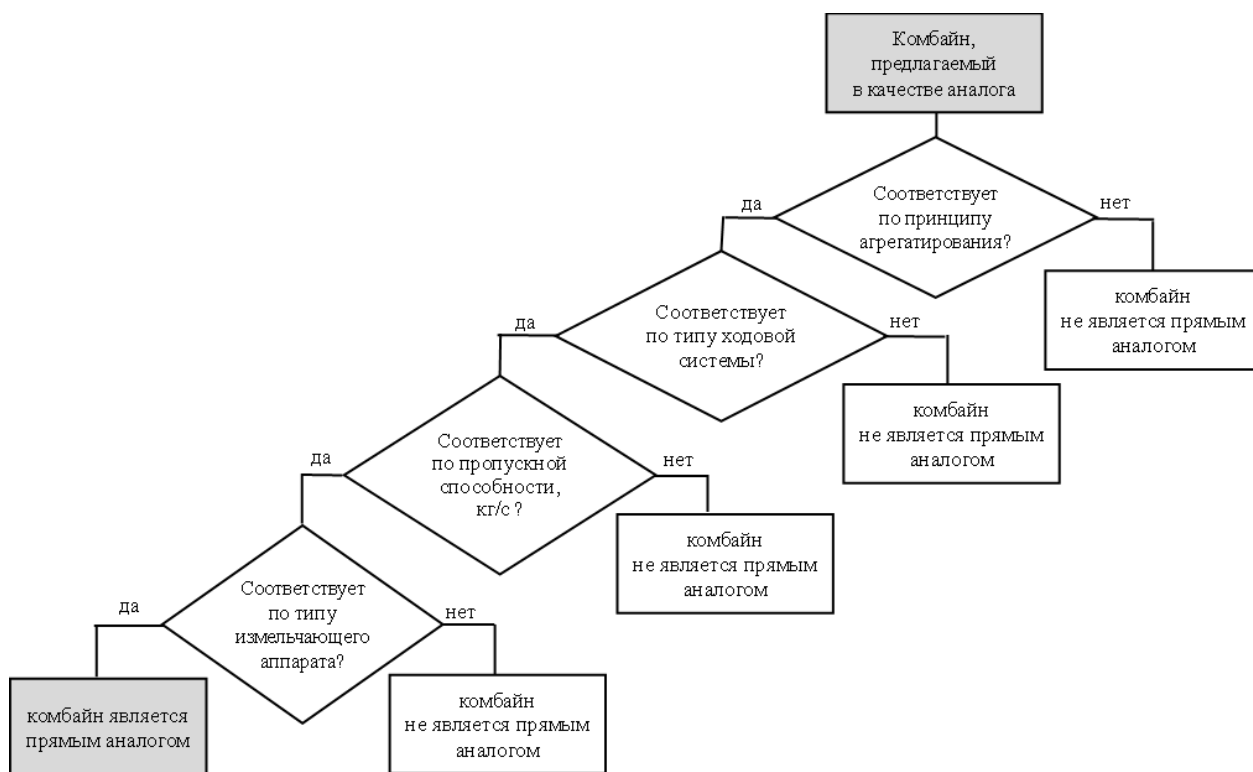


Рис. 1. Алгоритм выбора прямых аналогов кормоуборочного комбайна

Методическими рекомендациями предусмотрено, что в исключительных случаях, когда прямые аналоги отсутствуют, для решения отдельных задач может быть выбран условно допустимый аналог. Это такая модель комбайна, значение пропускной способности которого хоть и лежит за пределами поля допуска базовой модели, но оно наиболее близко к его границам. По остальным определяющим критериям должно быть полное соответствие. Однако, необходимо учитывать, что в случае, когда в качестве аналога выбирается условно допустимый, степень достоверности конечного результата проводимого анализа снижается. Чем выше величина отклонения значения пропускной способности от границ поля допуска базовой модели, тем ниже качество проводимого анализа.

На основании предложенных рекомендаций по выбору прямых аналогов сельскохозяйственных машин представлена процедура определения аналогов отечественных кормоуборочных комбайнов (ОАО «Гомсельмаш») на рынке Российской Федерации (из техники производства ООО «КЗ «Ростсельмаш») на начало 2023 года (табл. 2).

Таблица 2. Определение аналогов кормоуборочных комбайнов ОАО «Гомсельмаш» из числа машин, выпускаемых ООО «КЗ «Ростсельмаш»

Марка машины	ОАО «Гомсельмаш» (Республика Беларусь)						Марка машины	Аналоги ООО «КЗ «Ростсельмаш» (Российская Федерация)				
	Принцип агрегатирования	Тип ходовой системы	Мощность двигателя, л.с.	Пропускная способность на кукурузе восковой спелости, кг/с		Тип измельчающего аппарата		Принцип агрегатирования	Тип ходовой системы	Мощность двигателя, л.с.	Пропускная способность на кукурузе восковой спелости (нормированная), кг/с	Тип измельчающего аппарата
				нормированное	полю допуска							
КДП-3000 (с тракто-ром Т150)	прицепной	колесный	165	7,7	6,7–8,7	барабанный	аналог отсутствует	–	–	–	–	–
КСК-600	самходный	колесный	235	11,0	10,0–12,0	барабанный	аналог отсутствует	–	–	–	–	–
КВК-6025	самходный	колесный	255	11,9	10,9–12,9	барабанный	аналог отсутствует	–	–	–	–	–
аналог отсутствует	–	–	–	–	–	–	DON 680M	самходный	колесный	290	13,6	барабанный
К-Г-6 УЭС-280	полунавесной	колесный	290	13,6	12,6–14,6	дисковый	аналог отсутствует	–	–	–	–	–
КВК-6033С	самходный	гусеничный	330	15,4	14,4–16,4	барабанный	аналог отсутствует	–	–	–	–	–

аналог отсутствует	–	–	–	–	–	–	RSM F 1300	самоходный	колесный	330	15,4	барабанный
FS80	самоходный	колесный	450	21,0	20,0–22,0	барабанный	RSM F 2450	самоходный	колесный	462	21,6	барабанный
аналог отсутствует	–	–	–	–	–	–	RSM F 1500	самоходный	колесный	510	23,8	барабанный
аналог отсутствует	–	–	–	–	–	–	RSM F 2550	самоходный	колесный	562	26,3	барабанный
КВК-8060	самоходный	колесный	600	28,0	27,0–29,0	барабанный	аналог отсутствует	–	–	–	–	–
FS650	самоходный	колесный	653	30,5	29,5–31,5	барабанный	RSM F 2650	самоходный	колесный	643	30,1	барабанный
КВК-8060-2	самоходный	колесный	686	32,0	31,0–33,0	барабанный	аналог отсутствует	–	–	–	–	–

Данные табл. 2 показывают, что в настоящее время только кормоуборочные комбайны FS80 и FS650 имеют прямые аналоги на рынке Российской Федерации из числа машин производства ООО «КЗ «Ростсельмаш». Аналогом машин FS80 является RSM F 2450; FS650 – RSM F 2650. Комбайн RSM F 2550 может быть отнесен к условно допустимому аналогу КВК-8060, выпускаемому до 2022 г. Другие машины, например, КВК-6033С и RSM F 1300 хоть и идентичны по величине расчетной пропускной способности, не могут выступать аналогами, поскольку отличаются по типу ходовой системы. У первого применен гусеничный ход, у второго колесный.

Заключение

Проведенные исследования показали, что с проблемой выбора аналогов сталкиваются как потребители, так и производители сельскохозяйственной техники. Разработанные методические рекомендации, включающие алгоритм выбора прямых аналогов сельскохозяйственных машин на примере кормоуборочных комбайнов, позволят упростить процедуру их поиска и выявления. Он содержит перечень определяющих критериев, в числе которых: принцип агрегатирования; тип ходовой системы; нормируемая пропускная способность (расчетная пропускная способность); тип измельчающего аппарата. Алгоритм дает возможность, перемещаясь вниз по схеме и отвечая на приведенные вопросы, с высокой степенью точности отбирать комбайны, выступающие близкими аналогами. Для повышения точности и достоверности проводимого анализа должны устанавливаться пространственные и временные ограничения, т.е. поиск машин аналогов может быть произведен только по отношению к конкретному рынку и моменту времени.

В исключительных случаях, когда прямые аналоги отсутствуют, для решения отдельных задач может быть выбран условно допустимый аналог из числа моделей, смежных с базовой. Значение его пропускной способности должно быть наиболее близким к границам поля допуска базовой модели. По другим определяющим критериям отклонений не допускается. Следует понимать, что при использовании в расчетах условно допустимого аналога, качество проводимого анализа существенно снижается.

В рамках данной работы был проведен поиск прямых аналогов кормоуборочных комбайнов ОАО «Гомсельмаш» на рынке Российской Федерации из числа техники производства ООО «КЗ «Ростсельмаш» на начало 2023 года. Анализ показал, что в качестве аналогов машин FS80 выступает RSM F 2450; FS650 – RSM F 2650. Другие отечественные кормоуборочные комбайны аналогов среди моделей анализируемого российского производителя не имеют.

ЛИТЕРАТУРА

1. Словарь бизнес-терминов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/business/2639>. – Дата доступа: 28.08.2022.
2. Карта технического уровня и качества продукции: ГОСТ 2.116-84. – Введ. 01.07.1985 (взамен ГОСТ 2.116-71). – М.: Стандартинформ, 2007. – 14 с.
3. Сайганов А. С., Липская В. К. Повышение конкурентоспособности зерноуборочных комбайнов на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения Республики Беларусь. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2017. – 219 с.
4. Липская В. К. Методические рекомендации по выбору прямых аналогов сельскохозяйственных машин на примере зерноуборочных комбайнов // Сборник научных трудов «Проблемы экономики». – 2021. – № 1 (32). – С. 95 – 109.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕНСОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОЧВУ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. С. ПЕТРУСЕНКО, Г. О. ИВАНЧИКОВ

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

(Поступила в редакцию 26.02.2024)

В условиях растущего населения и изменяющегося климата сельское хозяйство становится важным элементом обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития. Внесение удобрений в почву является ключевым моментом в процессе сельскохозяйственного производства, но неэффективное использование удобрений может привести к экологическим проблемам и потере урожая. В данной статье исследуется применение сенсорных технологий для оптимизации процесса внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в почву и их влияние на экономическую эффективность и экологическую устойчивость сельского хозяйства. Рассматривается использование сенсоров для мониторинга состояния почвы и определения ее питательных потребностей, что позволяет точно определить дозировку и распределение удобрений. Сельское хозяйство является ключевым сектором экономики многих стран, и эффективное использование удобрений играет важную роль в повышении урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. В данной статье мы рассматриваем применение сенсорных технологий для оптимизации процесса внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в почву. Мы анализируем влияние этих технологий на уровень затрат, урожайность и экологическую устойчивость сельского хозяйства.

Обсуждаются экономические выгоды применения сенсорных технологий, такие как снижение затрат на удобрения и увеличение урожайности, а также их вклад в экологическую устойчивость сельского хозяйства, включая сокращение загрязнения почвы и водных ресурсов. Наконец, делается вывод о том, что использование сенсорных технологий в сельском хозяйстве представляет собой эффективный и перспективный подход к оптимизации процесса удобрения почвы, способствуя устойчивому развитию сельского хозяйства в условиях изменяющейся среды.

Ключевые слова: сенсорные технологии, удобрения, сельское хозяйство, эффективность, экологическая устойчивость.

With a growing population and a changing climate, agriculture is becoming an important element in ensuring food security and sustainable development. Fertilizing the soil is key to agricultural production, but ineffective use of fertilizers can lead to environmental problems and crop loss. This article explores the use of sensor technologies to optimize the application of solid granular mineral fertilizers to the soil and their impact on the economic efficiency and environmental sustainability of agriculture. The use of sensors to monitor the condition of the soil and determine its nutritional needs is considered, which makes it possible to accurately determine the dosage and distribution of fertilizers. Agriculture is a key sector of the economy of many countries, and the efficient use of fertilizers plays an important role in increasing the yield and quality of agricultural products. In this article, we analyze the use of sensor technologies to optimize the process of applying solid granular mineral fertilizers to the soil, and also analyze the impact of these technologies on the level of costs, yields and environmental sustainability of agriculture.

The economic benefits of sensor technologies, such as reduced fertilizer costs and increased yields, are discussed, as well as their contribution to environmental sustainability in agriculture, including the reduction of soil and water pollution. Finally, it is concluded that the use of sensor technologies in agriculture represents an effective and promising approach to optimize soil fertilization, promoting sustainable agricultural development in a changing environment.

Key words: sensor technologies, fertilizers, agriculture, efficiency, environmental sustainability.

Введение

Сельское хозяйство является неотъемлемой частью жизни общества и занимает ключевое место в мировой экономике. Оно обеспечивает население продовольствием, сырьем для промышленности, а также создает рабочие места и способствует развитию сельских территорий. Однако, с увеличением населения планеты и изменением климатических условий, перед сельским хозяйством стоят все более сложные вызовы.

Одним из ключевых факторов, влияющих на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, является состояние почвы и ее плодородие. Для достижения оптимальных результатов необходимо обеспечить почву необходимыми питательными элементами. Внесение удобрений – основной метод улучшения плодородия почвы. Однако, неэффективное использование удобрений может привести к ряду негативных последствий, включая загрязнение почвы и водных ресурсов, снижение урожайности, а также экономические потери для сельскохозяйственных предприятий [1].

Сенсорные технологии в последние десятилетия стали широко применяться в сельском хозяйстве с целью повышения эффективности производства и улучшения качества продукции. В частности, использование сенсоров для мониторинга состояния почвы и определения ее питательных потребностей позволяет сельхозпроизводителям точно регулировать дозировку и распределение удобрений, что способствует повышению урожайности и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

В данной статье мы сосредоточимся на применении сенсорных технологий для оптимизации внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в почву. Мы рассмотрим различные аспекты применения сенсоров, включая их технические характеристики, экономические выгоды и влияние на экологическую устойчивость сельского хозяйства.

Наша цель – представить обзор современных технологий и их важность для современного сельского хозяйства при изменяющихся климатических условиях и растущих вызовах продовольственной безопасности.

Основная часть

Сельское хозяйство является важным сектором мировой экономики, обеспечивая население продуктами питания и сырьем для промышленности. Однако, для поддержания высоких урожаев и качества продукции необходимо правильно управлять процессом удобрения почвы. Внесение твердых гранулированных минеральных удобрений в почву – один из основных методов обеспечения почвы необходимыми питательными элементами [1, 2]. С использованием сенсорных технологий можно добиться оптимального внесения удобрений, что приведет к повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

Сенсорные датчики играют ключевую роль в оптимизации процесса внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в почву и повышении эффективности сельского хозяйства в целом. Стоит упомянуть несколько способов, как они могут помочь.

Оптимизация дозировки удобрений: Сенсорные датчики могут измерять содержание питательных элементов в почве в реальном времени. Это позволяет сельхозпроизводителям точно определять потребности почвы в удобрениях и регулировать дозировку удобрений в соответствии с этими потребностями. Точная дозировка удобрений помогает избежать избыточного использования удобрений и снижает затраты на них.

Мониторинг плодородия почвы: сенсорные датчики могут постоянно отслеживать состояние и плодородие почвы, включая уровень pH, содержание азота, фосфора, калия и других питательных элементов. Это позволяет выявлять недостатки или избытки определенных элементов и принимать меры для их коррекции, например, выбором соответствующего типа удобрений.

Снижение затрат и повышение урожайности: благодаря использованию сенсорных датчиков сельхозпроизводители могут более эффективно использовать удобрения, что приводит к снижению затрат на них. В то же время оптимальное питание растений позволяет увеличить урожайность и качество продукции.

Улучшение экологической устойчивости. Точное определение потребностей почвы и уменьшение избыточного использования удобрений способствует снижению загрязнения окружающей среды и сохранению биоразнообразия [2, 3].

Автоматизация процесса внесения удобрений: Сенсорные датчики могут быть интегрированы в системы автоматического управления и внесения удобрений, что позволяет сельхозпроизводителям автоматизировать процесс и снизить необходимость в ручном вмешательстве.

Сенсорные технологии могут значительно повысить эффективность сельского хозяйства, сделав процесс внесения удобрений более точным, эффективным и экологически устойчивым.

Также следует провести всемирный обзор сенсорных датчиков, которые активно используются в настоящее время и показывают высокую эффективность:

1. Sentek EnviroSCAN – это сенсорный датчик (рис. 1), который производится в Австралии компанией Sentek Pty Ltd. Он представляет собой инновационное устройство, разработанное для непрерывного мониторинга влажности почвы на разных глубинах, что делает его важным инструментом для сельскохозяйственных и исследовательских целей.



Рис. 1. Сенсорный датчик Sentek EnviroSCAN

Применение Sentek EnviroSCAN на практике в различных климатических и географических условиях демонстрирует его эффективность и практическую ценность. Важно отметить примеры его использования:

Оптимизация полива в сельском хозяйстве: Sentek EnviroSCAN позволяет сельхозпроизводителям мониторить влажность почвы на разных глубинах и определять оптимальное время и объем полива. Это помогает сэкономить воду и улучшить урожайность.

Управление засолением почвы: В сельских районах, где засоление почвы является проблемой, Sentek EnviroSCAN используется для мониторинга солевого напряжения и разработки стратегий по уменьшению его воздействия на почву.

Исследования по сохранению воды и биоразнообразию: в рамках научных исследований Sentek EnviroSCAN применяется для изучения водных режимов различных экосистем, включая леса, степи и пустыни. Это помогает понять, как изменения климата влияют на доступность воды и биоразнообразие.

Управление грунтовыми водами: В сельскохозяйственных районах с высоким уровнем грунтовых вод Sentek EnviroSCAN используется для мониторинга уровня влажности почвы и предотвращения переувлажнения, что может привести к гибели растений и ухудшению качества почвы.

Измеряемые параметры: электрическая проводимость почвы, влажность почвы.

Глубина измерения: до 40 метров.

Разрешение: 5 см.

Температурный диапазон: от -20 °С до +60 °С.

Точность: $\pm 2\%$ для проводимости, $\pm 3\%$ для влажности.

Интерфейс: RS-485, SDI-12.

Программное обеспечение: Sentek IrriMAX.

2. Датчик Hanna Instruments HI9813-6 (рис. 2) производится в Италии компанией Hanna Instruments, которая специализируется на разработке и производстве точных и надежных приборов для измерения параметров воды и почвы.



Рис. 2. Датчик Hanna Instruments HI9813-6

Применение датчика Hanna Instruments HI9813-6 на практике разнообразно и может включать следующие сферы:

Контроль качества воды: HI9813-6 идеально подходит для контроля качества питьевой воды как в домашних условиях, так и в коммерческих и промышленных объектах. Он позволяет измерять рН, проводимость и температуру воды, что важно для обеспечения безопасности и соответствия нормативам.

Аквариумистика: Датчик HI9813-6 может использоваться в аквариумистике для контроля и поддержания оптимальных условий в воде для рыб и других обитателей аквариума. Он поможет следить за уровнем рН и проводимости, что важно для здоровья и комфорта рыб.

Гидропоника и гидрокультура: В сельском хозяйстве HI9813-6 применяется для контроля параметров воды в системах гидропоники и гидрокультуры. Это позволяет оптимизировать условия выращивания растений, обеспечивая им необходимый уровень рН и проводимости.

Лабораторные исследования: В лабораторных условиях датчик Hanna Instruments HI9813-6 может использоваться для проведения различных исследований, связанных с анализом воды и почвы. Он обладает высокой точностью и надежностью, что позволяет получать достоверные результаты.

Образовательные цели: Этот датчик также может применяться в учебных заведениях для обучения студентов основам химии, биологии и экологии, демонстрируя влияние различных факторов на параметры воды и почвы.

Измеряемые параметры: рН, электрическая проводимость, температура.

Диапазон измерения рН: 0.00-14.00 рН.

Разрешение рН: 0.01 рН.

Диапазон измерения проводимости: 0–1999 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Разрешение проводимости: 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Температурный диапазон: 0°C до 60°C.

Точность: ± 0.05 pH, $\pm 2\%$ для проводимости.

Интерфейс: USB.

Экран: LCD.

3. Датчик Horiba LAQUAact pH-11 (рис. 3) производится в Японии компанией Horiba, известной своими высокоточными приборами и аналитическим оборудованием.



Рис. 3. Датчик Horiba LAQUAact pH-11

Применение датчика Horiba LAQUAact pH-11 на практике может быть разнообразным и включать следующие области:

Контроль качества воды: Датчик pH-11 идеально подходит для контроля и мониторинга качества воды в различных областях, включая питьевую воду, воду бассейнов и прудов, а также воду в производственных процессах и оборудовании. Он обеспечивает точные измерения pH, что важно для обнаружения изменений в качестве воды и поддержания оптимальных условий для различных целей.

Сельское хозяйство и гидропоника: В сельском хозяйстве pH-11 используется для контроля pH в почве и воде, что позволяет оптимизировать условия выращивания растений и улучшать урожайность. В гидропонике этот датчик также играет важную роль в поддержании оптимального pH раствора питательных веществ для растений.

Медицинские и лабораторные исследования: В лабораторной практике pH-11 применяется для измерения pH в различных типах жидкостей, включая биологические пробирки, кровь и другие биологические среды. Это важно для проведения медицинских и научных исследований, а также для контроля качества лекарственных препаратов и других химических веществ.

Производственные процессы: В промышленности pH-11 может использоваться для контроля pH воды в различных производственных процессах, таких как химическая промышленность, пищевая промышленность, производство бумаги и текстиля. Это помогает обеспечить высокое качество продукции и эффективность производства.

Охрана окружающей среды: Датчик pH-11 может использоваться для мониторинга pH в природных водоемах, включая реки, озера и моря, что важно для контроля загрязнения и охраны окружающей среды.

Измеряемый параметр: pH.

Диапазон измерения: 0.00–14.00 pH.

Разрешение: 0.01 pH.

Температурный диапазон: 0°C до 50°C.

Точность: ± 0.1 pH.

Калибровка: автоматическая.

Экран: ЖК-дисплей.

Интерфейс: USB.

4. Датчик Ion Science GasClam 2 (рис. 4) производится в Великобритании компанией Ion Science Ltd, которая специализируется на разработке и производстве передовых газоаналитических приборов.



Рис. 4. Датчик Ion Science GasClam 2

Применение датчика Ion Science GasClam 2 на практике включает множество областей, где контроль загрязнения воздуха является критически важным. Ниже приведены примеры его применения.

Мониторинг воздушного качества во время внесения удобрений: во время процесса внесения твердых гранулированных удобрений в почву может выделяться пыль, которая может содержать различные вредные вещества. GasClam 2 может использоваться для непрерывного мониторинга воздушного качества вокруг места внесения удобрений, что позволяет оперативно выявлять и контролировать концентрацию различных газов и частиц в воздухе.

Оценка влияния удобрений на качество воздуха: после внесения удобрений GasClam 2 может использоваться для мониторинга изменений в качестве воздуха в течение определенного периода времени. Это позволяет оценить воздействие удобрений на окружающую среду и здоровье людей, а также принять меры по минимизации негативных последствий.

Оптимизация процесса внесения удобрений: путем анализа данных, полученных от GasClam 2, сельхозпроизводители могут оптимизировать процесс внесения удобрений, учитывая факторы, такие как скорость ветра, направление ветра и другие климатические условия. Это помогает снизить риск загрязнения воздуха и повысить эффективность использования удобрений.

Измеряемые параметры: содержание газов (аммиак, метан и другие).

Диапазон измерения: зависит от типа газа.

Разрешение: зависит от типа газа.

Температурный диапазон: -20 °C до +50 °C.

Точность: зависит от типа газа.

Хранение данных: встроенная память.

Интерфейс: USB, Ethernet.

Каждый из этих сенсоров обладает уникальными характеристиками и предназначен для решения определенных задач в области мониторинга почвы и определения питательных элементов. Выбор конкретного датчика зависит от требований и условий конкретного исследования или приложения.

Использование сенсорных технологий в сельском хозяйстве может привести к снижению затрат на удобрения за счет более точного и эффективного использования. Путем оптимизации доз удобрений и выбора правильных мест и времени их внесения можно значительно сократить потребление удобрений, что в конечном итоге снизит затраты на них и повысит прибыльность сельскохозяйственного производства [4].

Использование сенсорных технологий также способствует улучшению экологической устойчивости сельского хозяйства [5]. Снижение избыточного использования удобрений уменьшает риск загрязнения почвы и водных ресурсов нитратами и другими химическими веществами. Это способствует сохранению биоразнообразия и поддержанию здоровья окружающей среды.

Проведенные зарубежные экономические исследования показали, что внедрение сенсорных технологий в процесс внесения удобрений в почву может привести к значительному увеличению прибыли сельскохозяйственных предприятий. Оценка затрат на удобрения и увеличение урожайности при использовании сенсорных технологий позволяет выявить потенциальные экономические выгоды.

Заключение

Использование сенсорных технологий, в том числе для оптимизации внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в почву представляет собой эффективный способ повышения производительности и экологической устойчивости сельского хозяйства. Это позволяет сельхозпроизводителям экономить ресурсы, увеличивать урожайность и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванчиков Г. О., Астахов В. С. К вопросу выбора пневматической системы для равномерного внесения гранулированных минеральных удобрений // Сборник научных трудов «Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства». – Горки: БГСХА, 2022. – Выпуск 7. – С. 262–267.
2. Астахов В. С., Иванчиков Г. О. Проблемы применения систем точного земледелия при дифференцированном внесении твердых минеральных удобрений и пути их решения // Вестник БГСХА – 2022. – №1. – С. 133–136.
3. Иванчиков Г. О., Астахов В. С. Путь к устойчивому земледелию: минеральные удобрения и инновации // Наше сельское хозяйство (агрономия). – 2023. – №17. – С. 53–55.
4. Астахов В. С., Иванчиков Г. О. Концептуальные проблемы механизации дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений и пути их решения: рекомендации. – Горки: БГСХА, 2023. – 45 с.
5. Иванчиков Г. О., Астахов В. С. Упаковочные технологии для минеральных удобрений: оптимизация и эффективность // Наше сельское хозяйство (агрономия). – 2023. – №19. – С. 52–54.

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА КАТУШЕЧНОГО ТИПА ДЛЯ ВЫСЕВА ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ ГРУППОВОГО ДОЗИРОВАНИЯ

В. С. АСТАХОВ, Г. Н. ЛЫСЕВСКИЙ, Г. О. ИВАНЧИКОВ

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

(Поступила в редакцию 04.03.2024)

Данная научная статья посвящена исследованию дозирующих устройств, применяемых в сельском хозяйстве для высева минеральных удобрений. В работе подробно анализируются технические особенности, принципы функционирования и проблемы эффективности таких устройств, которые играют важную роль в обеспечении равномерного распределения удобрений по полю. Авторы рассматривают технологический процесс работы дозирующих устройств, включая механизмы наполнения, опорожнения и холостого хода. Особое внимание уделяется проблемам, связанным с неравномерностью дозирования, вызванными наличием активного слоя под устройством и другими факторами, такими как изменчивость гранулометрического состава удобрений и окружная скорость устройства.

В статье представлены результаты исследований, демонстрирующие сложности в обеспечении равномерности дозирования и необходимость поиска новых технических решений. Обсуждается потенциал различных типов дозирующих устройств для улучшения процесса высева удобрений и повышения его эффективности. В заключительной части работы акцентируется важность выбора наиболее подходящего оборудования для внесения удобрений, учитывая разнообразные задачи и условия, характерные для сельскохозяйственного производства. Обсуждается не только техническая эффективность такого оборудования, но и его экономическая целесообразность, устойчивость к различным климатическим условиям и прочим факторам, влияющим на процесс внесения удобрений. Статья представляет собой ценное исследование в области агротехники, которое не только дает обзор существующих проблем и вызовов в этой сфере, но и предлагает практические рекомендации для улучшения практики сельского хозяйства. Подчеркивается, что применение оптимального оборудования для внесения удобрений может значительно повысить эффективность сельскохозяйственного производства, способствуя увеличению урожайности и снижению затрат, что важно для устойчивого развития сельского хозяйства в современных условиях.

Ключевые слова: дозирующие устройства, сеялки, катушечные дозаторы, сельское хозяйство.

This scientific article is devoted to the study of dosing devices used in agriculture for sowing mineral fertilizers. The work analyzes in detail the technical features, operating principles and efficiency problems of such devices, which play an important role in ensuring uniform distribution of fertilizers across the field. The authors consider the technological process of operation of dosing devices, including filling, emptying and idling mechanisms. Particular attention is paid to problems associated with uneven dosing caused by the presence of an active layer under the device and other factors such as variability in fertilizer particle size distribution and peripheral speed of the device.

The article presents research results demonstrating the difficulties in ensuring uniform dosing and the need to find new technical solutions. The potential of different types of metering devices to improve the fertilizer planting process and increase its efficiency is discussed. The final part of the work emphasizes the importance of choosing the most suitable equipment for applying fertilizers, taking into account the various tasks and conditions characteristic of agricultural production. Not only the technical efficiency of such equipment is discussed, but also its economic feasibility, resistance to various climatic conditions and other factors affecting the fertilization process. The article represents a valuable study in the field of agricultural engineering, which not only provides an overview of the existing problems and challenges in this field, but also offers practical recommendations for improving agricultural practices. It is emphasized that the use of optimal fertilizer application equipment can significantly improve the efficiency of agricultural production, helping to increase yields and reduce costs, which is important for the sustainable development of agriculture in modern conditions.

Key words: dosing devices, seeders, roll dosers, agriculture.

Введение

Поиск метода и технического решения, направленного на максимальное уменьшение неравномерности внесения удобрений, является значимой экономической задачей, обусловленной не только стремлением к увеличению урожайности, но и оптимизацией затрат на сельскохозяйственное производство. Специалисты по всему миру, занятые в сфере сельского хозяйства, активно работают над решением этой проблемы, проводя исследования и разработки новых технологий. Однако, несмотря на значительные усилия, до настоящего времени оптимальное решение не было найдено, что указывает на сложность и многогранность данной проблемы.

Суть процесса внесения минеральных удобрений, а также всех других средств химизации сельского хозяйства, заключается в дозировании и доставке их в зону питания растений. Это имеет критическое значение для обеспечения необходимого питания растений и достижения оптимального урожая. Однако, неудовлетворительное текущее состояние в области применения средств химизации во мно-

гом обусловлено недостатками существующих машин для внесения минеральных удобрений, особенно их дозирующих устройств.

Одним из основных препятствий является отсутствие специализированных машин для внесения мелких доз азотных удобрений, что становится особенно актуальным в сельскохозяйственных угодьях с высокой плотностью посева и требовательных культурах. Неравномерность внесения минеральных удобрений может привести к недостаточному или избыточному питанию растений, что негативно отразится на их росте и развитии, а также на конечном урожае. Различия в гранулометрическом составе минеральных удобрений, изменчивость их свойств в зависимости от условий хранения, воздействие ветра во время внесения – все это делает равномерное распределение удобрений сложной задачей для существующих устройств.

Эффективное решение этой проблемы требует комплексного подхода, который включает в себя не только разработку новых технологий и устройств, но и адаптацию существующих машин и методов внесения удобрений. Это может включать в себя разработку более точных дозирующих устройств, применение инновационных материалов для изготовления гранул, улучшение аэродинамики и конструкции машин для внесения удобрений, а также разработку специализированных алгоритмов управления и контроля процесса внесения. Только через совместные усилия научных и инженерных сообществ можно достичь значительного прогресса в области равномерного внесения удобрений и повысить эффективность сельскохозяйственного производства.

Основная часть

Катушечные дозирующие механизмы, отличающиеся своей конструктивной простотой по сравнению с аналогичными дозаторами, осуществляющими выгребающее действие, занимают особое место в сельскохозяйственной технике. Эта простота конструкции стала ключевым фактором в их широком распространении как в иностранных, так и в отечественных моделях современных сельскохозяйственных сеялок, предназначенных для индивидуального, группового и централизованного высева. В связи с этим катушечные дозаторы становятся объектом для более подробного и глубокого исследования и совершенствования.

Одним из ключевых рабочих узлов известных катушечных дозаторов являются сами катушки. Эти элементы механизма могут иметь различные формы и конфигурации, например, они могут быть выполнены в виде штифтов или желобков (рис. 1) [1, 2]. Это разнообразие форм позволяет адаптировать катушечные дозаторы под различные условия использования и типы сеялок, обеспечивая оптимальную работу механизма в разнообразных сельскохозяйственных условиях.

Кроме того, важно отметить, что катушечные дозаторы обладают не только простотой конструкции, но и высокой надежностью в работе. Это делает их особенно привлекательными для сельскохозяйственных предприятий, где надежность и эффективность оборудования играют решающую роль в процессе производства. Однако, несмотря на их преимущества, катушечные дозаторы также сталкиваются с определенными недостатками, такими как сложности с точной настройкой дозирования из-за изменчивости активного слоя под катушкой. Это обстоятельство стимулирует постоянное исследование и разработку новых методов и технологий, направленных на улучшение и оптимизацию работы катушечных дозаторов в сельском хозяйстве.

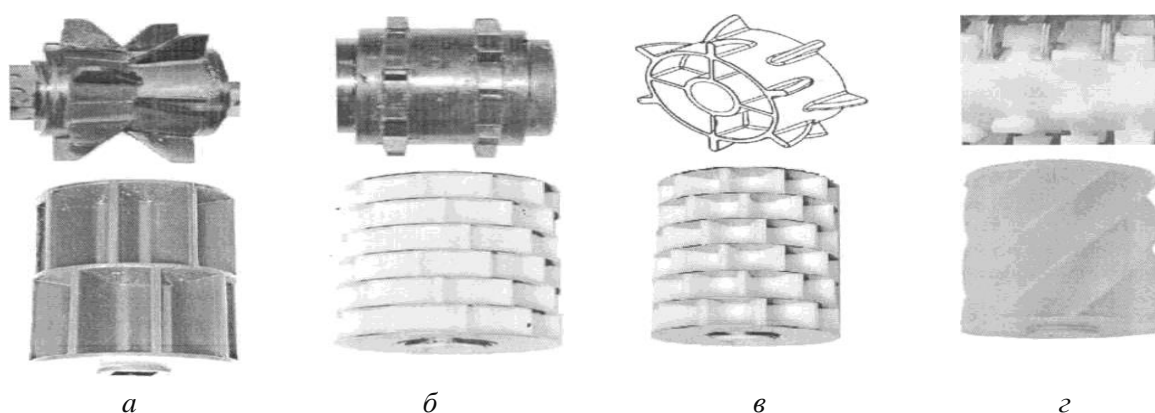


Рис. 1. Дозирующие катушки
Штифтовые катушки фирмы: а, б – «Lemken» серия сеялок «Saphir»;
в – «AMAZONEN-WERKE» сеялка D9 6000-TC «Combi» г – «Nodet gougis» сеялка DPS 12

Технический процесс работы катушечных дозирующих механизмов представляет собой последовательную и эффективную операцию, где каждый этап выполняет определенную функцию для обеспечения точного и равномерного высева удобрений. Итак, рассмотрим этот процесс более подробно (рис. 2).

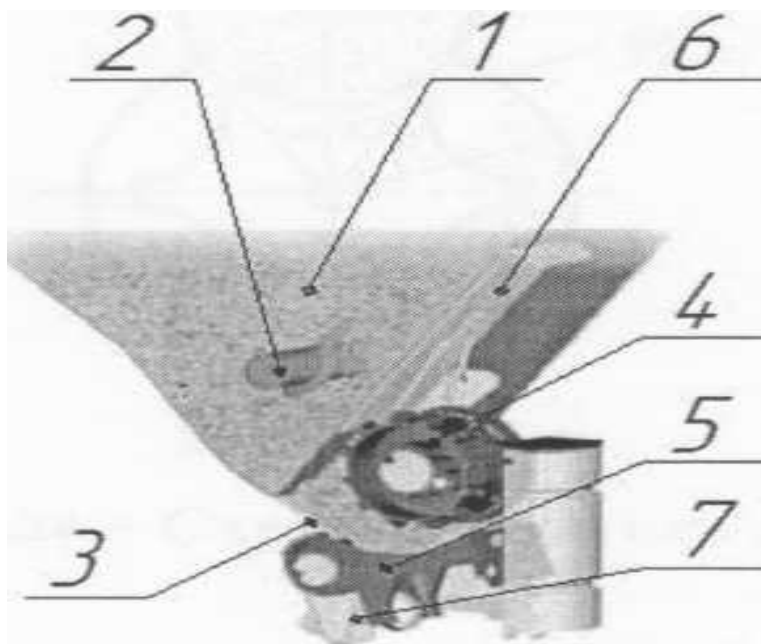


Рис. 2. Катушечный высевающий дозатор:
1 – дозируемый материал; 2 – ворошильный вал; 3 – корпус; 4 – катушка; 5 – доньшко;
6 – заслонка; 7 – регулировочный болт

На первом этапе удобрения из бункера 1, где они хранятся, поступают в корпус 3 катушечного дозатора. Этот процесс может осуществляться как самопроизвольно, так и при помощи ворошильного вала 2, который обеспечивает равномерную загрузку удобрений в корпус. При этом удобрения заполняют пространство вокруг штифтов или желобков катушки, подготавливаясь к следующему этапу процесса.

Далее, при вращении катушки 4 удобрения перемещаются в нижнюю часть корпуса 3. Этот механизм обеспечивает равномерное распределение удобрений и предотвращает их скопление или неравномерное высевание. Кроме того, в конце доньшка 5 корпуса катушки установлена воронка, предназначенная для посева семян или непосредственного распределения удобрений на поле сельскохозяйственной машиной.

Таким образом, технический процесс работы катушечных дозирующих механизмов представляет собой слаженную систему операций, направленных на обеспечение точного и эффективного высева удобрений. Он основан на использовании простых, но надежных механизмов, которые обеспечивают высокую производительность и качество работы в различных условиях сельского хозяйства.

Катушечные дозирующие механизмы, несмотря на свою широкую распространенность и использование в различных отраслях промышленности, сталкиваются с рядом существенных недостатков, которые оказывают негативное влияние на эффективность и точность дозирования. Один из таких ключевых недостатков заключается в присутствии активного слоя под катушкой, необходимого для защиты гранул от разрушения. Однако толщина этого активного слоя изменяется в процессе вращения катушки под воздействием различных факторов, таких как коэффициент внутреннего трения, гранулометрический состав дозируемых удобрений и окружная скорость катушки. Это усложняет настройку и регулировку дозатора на точную норму высева, что в конечном итоге отрицательно сказывается на равномерности дозирования, уменьшая его эффективность.

Кроме того, катушечные дозаторы выполняют все технологические операции за один оборот, включая наполнение, опорожнение и холостой ход. Это означает, что равномерность дозирования напрямую зависит от цикла наполнения ячейки, который состоит из двух фаз: втекания материала в ячейку и его относительной неподвижности по отношению к катушке. Таким образом, любые откло-

нения или несовершенства в этом процессе могут привести к неравномерному высеву или дозированию материала, что снижает эффективность работы оборудования и качество производства.

В свете вышеизложенного можно промежуточно подытожить, что общим существенным недостатком катушечных дозирующих механизмов является наличие активного слоя под катушкой, который необходим для предотвращения разрушения гранул. Так как толщина активного слоя при вращении катушки непостоянна и зависит от коэффициента внутреннего трения, гранулометрического состава дозируемых удобрений и окружной скорости катушки. Это, в свою очередь, усложняет регулировку, настройку дозатора на точную норму высева, что отрицательно сказывается на равномерности дозирования [3]. Исходя из этого становится очевидной необходимость разработки и внедрения более совершенных и точных дозирующих механизмов, способных минимизировать влияние указанных недостатков и обеспечивать более высокую равномерность дозирования при работе с различными типами материалов и условиями производства. Это может включать в себя применение новых технологий, улучшенный дизайн и инженерные решения, а также более точные методы контроля и регулировки процесса дозирования. Только таким образом можно обеспечить оптимальную производительность и качество конечного продукта при использовании катушечных дозаторов в промышленности.

Теоретически, при идеальном сыпучем материале втекание начинается в момент, когда передняя лопасть ячейки выходит из соприкосновения с корпусом бункера и заканчивается после её заполнения. Время формирования дозы в ячейке может быть определено по формуле:

$$t_{\text{ср}} = \frac{\varphi_0}{\omega_6},$$

где φ_0 – центральный угол/град. (рис. 3); ω_6 – угловая скорость катушки, рад/с.

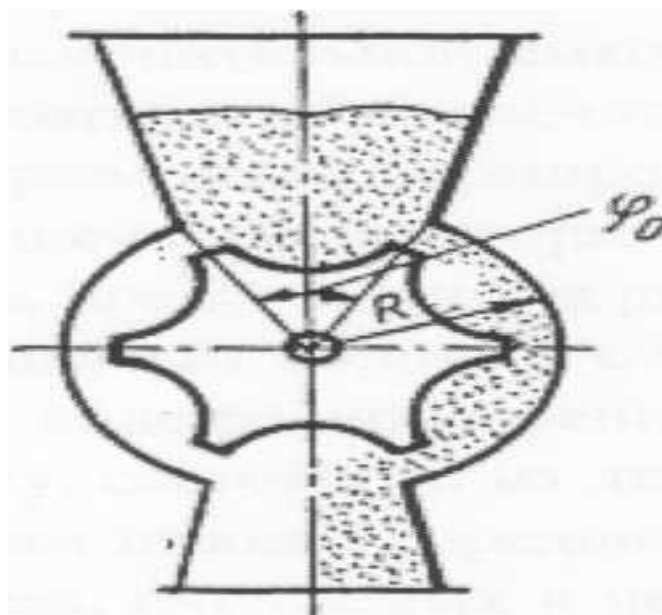


Рис. 3. Схема ячейистого дозатора

Из формулы видно, что цикл наполнения ячейки сектора материалом у катушечных дозаторов может быть значительным по времени. Однако это не гарантирует высокой равномерности дозирования. Рабочие органы этих дозаторов не оказывают формирующего воздействия на материал. Все это приводит к тому, что обеспечить равномерность дозирования катушечными дозаторами до $\pm 10\%$ практически невозможно. Это доказано рядом авторов [4, 5, 6]. Таким образом, из катушечных дозаторов только желобчатые способны формировать геометрические размеры потока материала. Однако их рабочие органы не оказывают на материал воздействия, формирующего внутреннее состояние потока – достижение постоянной плотности. Несмотря на это, результаты исследований катушечных дозаторов показывают, что возможно создание такого рабочего органа – катушки, который бы фор-

мировал поток материала на выходе не только равномерным и непрерывным, но и приводил его к критической (постоянной) плотности.

Заключение

Проведенный обзор дозирующих устройств для высева гранулированных минеральных удобрений в пневматических высевающих системах группового дозирования позволяет упростить выбор необходимого оборудования в зависимости от целей и задач, стоящих перед процессом внесения удобрений, а также не исключает возможности совершенствования элементов катушки с целью обеспечения высоких технологических показателей работы в широком диапазоне условий их использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lemken Sapfir // Проспект фирмы Lemken (Германия). – 18 с.
2. John Deere Air Seeding Equipment // Проспект фирмы John Deere (США). – 33с.
3. Результаты сравнительных испытаний туковысевающих аппаратов / А. Х. Хаджиев, Б. А. Иншиязов, М. К. Хамзаев и др. // Механизация хлопководства. – 1991. – №2. – С. 3–4.
4. Астахов В. С., Иванчиков Г. О. К вопросу значимости минеральных удобрений в управлении производственным процессом и повышение их эффективности при использовании различных машин и способов внесения // Вестник БГСХА – Горки: 2022 – №2 – С. 192–194.
5. Астахов В. С., Иванчиков Г. О. К вопросу учёта физико-механических свойств твёрдых минеральных удобрений при разработке перспективных машин для их внесения // Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых «Молодежь и инновации – 2022». – Горки, 2022. – С. 91–94.
6. Степук Л. Я. Машины для современных и перспективных технологий. – Горки, 2007. – 178 с.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ШУМА АГРЕГАТОВ И СИСТЕМ ТРАКТОРА**А. Ф. БЕЗРУЧКО, В. Г. КОСТЕНИЧ, И. И. БОНДАРЕНКО, Д. Е. ЖДАНОВИЧ***УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220023, e-mail: kaf.tia@bsatu.by***В. А. БЕЛОУСОВ***УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: ktrauto@tut.by**(Поступила в редакцию 11.03.2024)*

Одной из важнейших характеристик тракторов, определяющей их конкурентоспособность, спрос и цену на потребительском рынке, являются нормируемые уровни шума. Производителями тракторов, комбайнов и другой сельскохозяйственной техники постоянно проводятся работы по снижению уровня внешнего шума и шума на рабочем месте механизатора. Для достижения регламентируемых уровней шума машин с минимальными затратами и максимальным эффектом важно определить, какая из систем или какой агрегат является основным его источником, т.е. вносит максимальный вклад в общий шум трактора. Для определения показателей шума агрегатов или систем машины используются метод математического моделирования и экспериментальные методы.

В статье предложена методика исследований шума систем и агрегатов трактора. Данная методика разрабатывалась для снижения внешнего шума и шума на рабочем месте тракториста. Применение описанной методики возможно при наличии стенда для виброакустических исследований. Такой стенд был разработан и внедрен для тракторов «Беларус» и их агрегатов, он также может быть использован для исследований шума других самоходных машин. Стенд разработан с учетом требований ГОСТ по измерению шума в открытом звуковом поле, с возможностью загрузки и автономного привода отдельных агрегатов и систем трактора.

Предложенная методика измерений шума с использованием описанного стенда позволяет его определять с высокой достоверностью, разрабатывать и оценивать эффективность мероприятий по снижению шума агрегатов и систем трактора. Измерение шума от отдельных агрегатов и систем позволяет классифицировать их по вкладу во внешний шум трактора и шум на рабочем месте, а также разрабатывать мероприятия по снижению нормируемых уровней с минимальными затратами и максимальной эффективностью.

Ключевые слова: шум, трактор, двигатель, система выпуска отработанных газов, вентилятор системы охлаждения.

One of the most important characteristics of tractors, which determines their competitiveness, demand and price in the consumer market, is standardized noise levels. Manufacturers of tractors, combines and other agricultural machinery are constantly working to reduce the level of external noise and noise in the operator's workplace. To achieve regulated noise levels of machines with minimal costs and maximum effect, it is important to determine which of the systems or which unit is its main source, i.e. makes the maximum contribution to the overall noise of the tractor. To determine the noise indicators of machine units or systems, mathematical modeling and experimental methods are used.

The article proposes a methodology for studying the noise of tractor systems and units. This technique was developed to reduce external noise and noise at the tractor driver's workplace. The application of the described technique is possible if there is a stand for vibroacoustic research. Such a stand was developed and implemented for Belarus tractors and their units; it can also be used to study the noise of other self-propelled machines. The stand is designed taking into account the requirements of GOST for measuring noise in an open sound field, with the ability to load and autonomously drive individual units and systems of the tractor.

The proposed method for measuring noise using the described stand makes it possible to determine it with high reliability, develop and evaluate the effectiveness of measures to reduce the noise of tractor units and systems. Measuring noise from individual units and systems makes it possible to classify them according to their contribution to the external noise of the tractor and noise in the workplace, and also to develop measures to reduce standard levels with minimal costs and maximum efficiency.

Key words: noise, tractor, engine, exhaust system, cooling system fan.

Введение

Шум отдельных агрегатов и систем тракторов не регламентируется законодательными актами, а внешний шум трактора и шум на рабочем месте тракториста регламентирован ГОСТами [1, 2]. Работы по улучшению указанных характеристик ведутся производителями постоянно. Для достижения регламентируемых уровней шума машин с минимальными затратами и максимальным эффектом важно определить, какая из систем или какой агрегат является основным источником, т.е. даёт максимальный вклад в общий шум трактора. Для определения показателей шума агрегатов или систем машины используют как метод математического моделирования, так и экспериментальные методы.

Метод математического моделирования описан в работах Разумовского М. А. [3, 4], Клюкина И. И. [5], Долотова А. А. [6]. Данный метод эффективен на стадии проектирования и требует экспериментального подтверждения полученных результатов, что часто становится сложной задачей, а в условиях производства – приоритетной. Для её решения исследователи разрабатывают методики и

подбирают оборудование для каждого конкретного случая отдельно [3, 5, 6...14]. Условно экспериментальные методы анализа можно разделить на качественные и количественные. Качественный метод основан на сравнительном анализе спектров различных источников. Спектры для такого анализа получают двумя методами:

- возбуждением от внешнего маломощного возбудителя, что даёт только качественную характеристику предполагаемого реального спектра и не даёт даже относительной количественной оценки;
- измерением вибрации в диапазоне звуковых частот, что позволяет получить только часть спектра до 2 кГц, при этом шум оценивают в диапазоне до 20 кГц.

Вышеописанные методы анализа дают возможность только предположить возможные источники шума с большой вероятностью возможной ошибки.

Количественный анализ значительно точнее и информативнее качественного и позволяет получать абсолютные уровни шума по всему спектру частот. Методы проведения такого анализа заключаются в отключении исследуемого источника с последующим анализом спектра до и после отключения.

Ещё один метод можно назвать экспериментально-аналитическим. Суть данного метода заключается в выделении исследуемого источника. Например, шум топливного насоса дизельного двигателя можно определить методом выделения, обеспечив ему привод от малощумного электродвигателя. Однако шум системы выпуска таким методом выделения определить невозможно, так как двигатель должен работать. В данном случае возможно применение метода выделения путём снижения влияния шума от других источников в точке оценки шума выпуска.

Для измерения шума также требуется выполнение условий к звуковому полю в месте измерений, которые указаны в ГОСТах [14, 15]. Ввиду множества факторов, влияющих на точность измерения шума, в стандарте указано, что «Пользователь стандарта должен определить необходимую точность и выбрать соответствующий метод измерений» [14]. В соответствии со стандартом испытательное пространство должно отвечать требованиям, которые зачастую затруднительно выполнить, а определение уровня звукового давления излучения точным или техническим методом возможно в заглушённых [16] и реверберационных камерах [17] в открытом звуковом поле (пространстве) [15, 18, 19] над звукоотражающей плоскостью, где нет объектов отражения звука.

Заглушённая камера – это звукоизолированное помещение с заданными габаритными размерами объёма в 100 и более раз больше объёма исследуемого объекта и внутренними поверхностями стен, покрытыми специальным звукопоглощающим материалом. Такая камера имитирует распространение звуковых волн в условиях, аналогичных свободному полю.

Реверберационная камера (звонкая, диффузная) – помещение, в котором звук по возможности полностью отражается от ограждающих поверхностей и в каждой точке которого звуковое давление в среднем одинаково, а приход звуковых волн с разных направлений равновероятен. Стены реверберационной камеры изготавливают из железобетона и кирпича (для изолирования от внешних шумов), а внутреннюю поверхность камеры облицовывают материалами с минимальным звукопоглощением (высокомарочным цементным раствором, мрамором и др.). Диффузность звукового поля достигается неправильностью формы реверберационной камеры (непараллельность ограждающих поверхностей, специально созданные неровности на стенах), а также развешиванием в них в случайном порядке отражающих элементов в виде изогнутых пластин. Объём реверберационных камер должен быть в пределах от 200 до 300 м³. Допускается применение камер меньшего объёма при ограничении частотного диапазона измерений. Отношение наименьшей стороны камеры к наибольшей не должно превышать 1:3.

В заглушённых и реверберационных камерах в период измерения температура, влажность и барометрическое давление воздуха не должны существенно изменяться, а также должна быть исключена вибрация.

Основные достоинства заглушённых и реверберационных камер заключаются в возможности проводить исследования вне зависимости от погодных условий и возможности исследований шума маломощных источников звука.

Открытое звуковое поле – это открытое пространство над звукоотражающей плоскостью (асфальт, бетон), где нет объектов, отражение звука от которых влияет на результат измерения.

Измерение шума в открытом звуковом поле, как правило, проводят для источников с относительно большими габаритными размерами и относительно высокими уровнями звуковой мощности. Трактор и его агрегаты можно отнести к таковым. Для достоверных измерений в открытом звуковом поле также требуется выполнить ряд условий [15, 18]:

- уровень фонового шума должен быть ниже уровня шума исследуемого источника на 10 и более дБА для точного метода;
- измерения не следует выполнять при осадках (дождь, град) или скорости ветра свыше 4 м/с;
- расстояние от точек измерений до посторонних отражающих звук предметов и ограждений превышает удвоенные размеры измерительных поверхностей или удвоенный радиус измерительной поверхности R.

Целями данной работы являются:

- разработка методики измерения уровней звукового давления источников шума трактора, что позволит определить степень их влияния на нормируемые действующими стандартами показатели внешнего шума и шума в кабине;
- разработка стенда для виброакустических исследований уровней звукового давления основных источников шума трактора с минимальными затратами и максимальной эффективностью.

Основная часть

Применение описанной ниже методики возможно при наличии стенда для виброакустических исследований. Такой стенд был разработан и внедрен для тракторов «Беларус» и их агрегатов, он также может быть использован для исследований других самоходных машин. Стенд разработан с учетом требований ГОСТ по измерению шума в открытом звуковом поле, с возможностью загрузки и автономного привода отдельных агрегатов и систем трактора.

Исходя из имеющихся на сегодняшний день данных о внешнем шуме трактора и вышеуказанных требований по измерению шума, можно провести предварительный расчет допустимого уровня фонового шума в зоне установки микрофона на этапе проектирования стенда. Уровень шума выпускаемых современных тракторов находится в пределах 80–90 дБА и измеряется на расстоянии 7,5 м от оси трактора при его разгоне [1]. Радиус измерительной поверхности (точки установки микрофона) при точном методе измерений должен быть больше или равен удвоенному размеру огибающего параллелепипеда. Размер параллелепипеда соответствует габаритным размерам источника [19]. Исходя из этих условий, уровень фонового шума в точке оценки шума агрегатов можно определить из выражения:

$$L_{\text{фд}} = L_{\text{н}} + 10 \cdot \lg \frac{D_{\text{н}}}{D_{\text{и}}} - \Delta, \text{ дБА}, \quad (1)$$

где $L_{\text{фд}}$ – допустимый уровень фонового шума, дБА; $L_{\text{н}}$ – действительный уровень шума машины, дБА; $D_{\text{н}}$ – дистанция от оси проверяемой по шуму машины до точки установки микрофона, м; $D_{\text{и}}$ – дистанция от оси проверяемого по шуму агрегата или системы до точки установки микрофона, м; Δ – поправка на точность измерений, дБА.

Например, для проверки влияния шума двигателя принимаем следующие значения:

$\Delta = 10$ дБА, что соответствует точному методу измерений; $D_{\text{н}} = 1,5$ м; $D_{\text{и}} = 7,5$ м. Значение $L_{\text{н}} = 80$ дБА примем в соответствии с перспективными планами ОАО «МТЗ» по улучшению виброакустических характеристик производимых тракторов. По действующим ГОСТам уровень внешнего шума не должен превышать 85 дБА для тракторов с эксплуатационной массой, не превышающей 1500 кг и 89 дБА – для тракторов с эксплуатационной массой (без балласта), превышающей 1500 кг.

Получим $L_{\text{фд}} = 63$ дБА.

Перед измерением шума тракторного двигателя необходимо измерить фоновый шум, и он не должен превышать 63 дБА. Действительный уровень фонового шума на построенной площадке не превышал 55 дБА.

Для проверки других агрегатов и систем необходимо рассчитать для них $L_{\text{фд}}$ и сопоставить с измеренным фоновым шумом.

Измерения проводятся в открытом звуковом поле на бетонной площадке площадью 130 м². На рис. 1 показан стенд для исследования шума тракторных двигателей с установленным на нём двигателем Д-243.

Для создания нагрузки на двигатель применён электромагнитный порошковый тормоз 1. Источниками его шума являются два радиальных подшипника, электромагнитное поле и проходящая через него вода для охлаждения. Расчётный уровень шума тормоза менее 40 дБА, что значительно ниже даже фонового шума. Для исключения влияния шума систем впуска и выпуска забор воздуха и выброс отработавших газов отведены за пределы измерительной площадки. Отводы 2, 4 сделаны из толстостенных стальных труб, обладающих хорошей звукоизоляцией, и не влияют на наполнение

цилиндров за счёт увеличенного внутреннего диаметра. Агрегаты системы охлаждения (радиатор в сборе и вентилятор с приводом от электродвигателя) установлены на тележку, расположенную также за пределами площадки, и соединены с двигателем трубопроводами 5. Для предотвращения возможного непредсказуемого влияния вибрации двигатель и тормоз установлены на сварную стальную раму, которая соединена с бетонным основанием анкерными болтами.

Приборы контроля и управления двигателем и шумоизмерительная аппаратура располагаются в закрытом отопляемом помещении, находящемся за пределами измерительной площадки.

Описанная компоновка стенда позволяет:

- исследовать шум, создаваемый кривошипно-шатунным и газораспределительным механизмами, в зависимости от качества сборки и балансировки;
- оценить влияние на шум угла опережения впрыска и форсирование двигателя по частоте вращения или крутящему моменту.

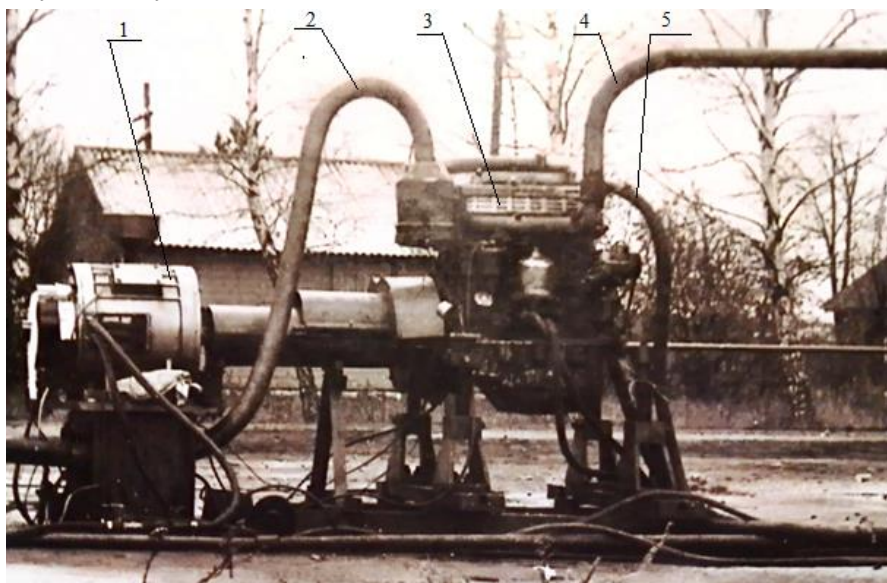


Рис. 1. Стенд для исследования шума тракторных двигателей:

- 1 – электромагнитный порошковый тормоз ПТ-250; 2 – труба подачи воздуха в двигатель; 3 – двигатель Д-243;
4 – труба отвода выпускных газов; 5 – труба подачи воды для охлаждения двигателя

Расположение микрофона и режимы работы двигателя выбирались по методике ОСТ 23.1.446-82 [20] и рекомендациям [5]. Шум процесса впуска измерялся на выходе из трубы 2, микрофон располагался в точке на расстоянии 0,5 м от среза трубы по линии, расположенной под углом 60° к оси трубы.

Для измерений шума выпуска и определения эффективности глушителя труба отвода выхлопных газов 4 демонтируется. При данных измерениях проводится три замера:

- с глушителем, микрофон в точке на расстоянии 0,25 м от среза выпускной трубы по линии, расположенной под углом 60° к оси потока газов;
- измерение фона создаваемого шумом двигателя производят в той же точке, при этом выхлопные газы отводятся через трубу 4;
- вместо глушителя устанавливается равновеликая ему по длине прямая труба с внутренним диаметром равным диаметру выходного отверстия глушителя. Микрофон также выставляется в точке на расстоянии 0,25 м от среза трубы по линии, расположенной под углом 60° к оси потока газов.

Измерение фонового шума в точке замера шума выхлопа позволяет вычислить точное значение шума выпускной системы. Если разность между измеренным уровнем шума и фоновым уровнем больше 3 дБА, но не превышает 10 дБА, то для оценки шума источника необходимо делать поправку на фон. Поправка к измеренному значению вычисляется по формуле:

$$\Delta L_{\phi} = -10 \cdot \lg(1 - 10^{-0,1(L_{\text{гн}} - L_{\phi})}), \text{ дБА}, \quad (2)$$

где L_{ϕ} – уровень фонового шума, дБА; $L_{\text{гн}}$ – измеренный уровень шума у среза на выходе из глушителя, дБА.

Уровень шума системы выпуска с глушителем:

$$L_{\text{вс}} = L_{\text{гн}} - \Delta L_{\phi}, \text{ дБА}. \quad (3)$$

Измерение шума на срезе равновеликой прямой трубы позволяет оценить эффективность глушителя $\Delta L_{\text{гл}}$ как разницу между измеренным шумом на прямой трубе $L_{\text{т}}$ и уровнем шума системы выпуска с глушителем $L_{\text{вс}}$:

$$\Delta L_{\text{гл}} = L_{\text{т}} - L_{\text{вс}}, \text{ дБА.} \quad (4)$$

При измерениях шума двигателя, а также шума его систем выпуска и выпуска, двигатель нагружается до номинальной мощности.

Для измерения шума вентилятора всё оборудование в центре площадки демонтируется, а в её центре размещается тележка с системой охлаждения. Привод вентилятора регулируется на частоту вращения вентилятора, соответствующую его частоте вращения при номинальной частоте вращения двигателя. Микрофон располагается слева и справа по поперечной оси радиатора на расстоянии от его крайней точки, соответствующем удвоенному размеру огибающего параллелепипеда.

Измерение шума трансмиссии на стенде также возможно, но требует наличия малошумного, достаточно мощного устройства привода трансмиссии (соответствующего номинальной мощности двигателя, работающего с данной трансмиссией) и установки второго электромагнитного порошкового тормоза ПТ-250 (для торможения через две полуоси одновременно). Однако такой метод определения шума трансмиссии будет нерациональным. Предпочтителен в данном случае расчёт, для выполнения которого измеряют внешний шум трактора по методике ГОСТ [1], а затем пересчитывают шум от ранее определенных источников в точке 7,5 м от оси трактора:

$$L_{7,5} = L_{\text{и}} + 10 \cdot \lg \frac{D_{7,5}}{D_{\text{иа}}}, \text{ дБА,} \quad (5)$$

где $L_{7,5}$ – уровень шума от источника на тракторе на расстоянии 7,5 м от оси трактора, дБА; $D_{7,5} = 7,5$ м; $D_{\text{иа}}$ – дистанция между точкой 7,5 м от оси трактора и условной точкой расположения микрофона при замере шума агрегата (системы), установленного на тракторе, м.

Суммарный уровень шума $L_{\Sigma 7,5}$ в точке 7,5 м от всех источников шума на тракторе с известным уровнем шума $L_{7,5}$ определяются из выражения:

$$L_{\Sigma 7,5} = 10 \cdot \lg \Sigma 10^{0,1L_{7,5i}}, \text{ дБА.} \quad (6)$$

Отсюда уровень шума трансмиссии в точке 7,5 м:

$$L_{\text{транс.}} = 10 \cdot \lg \left(10^{0,1L_{\text{тр}}} - 10^{0,1L_{\text{дв.р}}} - 10^{0,1L_{\text{вып.р}}} - 10^{0,1L_{\text{вп.р}}} - 10^{0,1L_{\text{ох.р}}} \right), \text{ дБА.} \quad (7)$$

где $L_{\text{дв.р}}$, $L_{\text{вып.р}}$, $L_{\text{вп.р}}$, $L_{\text{ох.р}}$ – рассчитанные, соответственно, для точки 7,5 м от оси трактора шум двигателя, выпускной системы, системы впуска, системы охлаждения, дБА; $L_{\text{тр}}$ – шум трактора, измеренный по ГОСТ [1], дБА.

Заключение

1. Предложенная методика измерений шума с использованием описанного стенда позволяет его определять с высокой достоверностью, разрабатывать и оценивать эффективность мероприятий по снижению шума агрегатов и систем трактора.

2. Измерение шума от отдельных агрегатов и систем позволяет классифицировать их по вкладу во внешний шум трактора и шум на рабочем месте, а также разрабатывать мероприятия по снижению нормируемых уровней с минимальными затратами и максимальной эффективностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Внешний шум. Нормы и методы оценки: ГОСТ Р 51920-2002. – введ. 12.07.02 – М: Госстандарт России – 6 с.
2. Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.019–2015 – введ. 01.07.17 – М.: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации – 19 с.
3. Разумовский М. А. Борьба с шумом на тракторах. – Минск: Наука и техника, 1973. – 208 с.
4. Разумовский М. А. Прогнозирование шумовых характеристик поршневых двигателей. – Минск: Вышэйшая школа, 1981. – 40 с.
5. Ключкин И. И. Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах. – 2 изд. – Л.: Судостроение, 1971. – 416 с.
6. Долотов А. А. Вероятностная оценка шумности легковых автомобилей: дисс... канд. техн. наук: 2.5.11. – Волгоград, 2022 – 169 с.
7. Лопашев Д. З., Осипов Г. Л., Федосеева Е. Н. Методы измерения и нормирования шумовых характеристик. – М.: Издательство стандарт, 1983. – 232 с.
8. Seidel, H. Long-term effects of whole-body vibration a critical survey of the literature / H. Seidel, R. Heide – Int Arch Occup Environ Health, 1986; 58 (1) – 1–26 p.

9. Serridge, M. Theory and Application handbook. Piezoelectric accelerometer and vibration preamplifiers / M. Serridge, R. Licht. – Narum: Bruel&Kjaer, 1987. – 150 p.
10. Шатров, М. Г. Шум автомобильных двигателей внутреннего сгорания – М. Г. Шатров, А. Л. Яковенко, Т. Ю. Кричевская. – М.: МАДИ, 2014. – 69 с.
11. On separation of vehicle noise for limit setting in future legislation: Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary / C. Thron, S. Leth, B. Stegemann – Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary – Design – (2015), 126, 31–38 p.
12. Tsuji, H. Experimental method extracting dominant acoustic mode shapes for automotive interior acoustic field coupled with the body structure /H. Tsuji, S. Maruyama, T. Yoshimura, E. Takahashi – SAE International Journal of Passenger Cars – Mechanical Systems, 2013, 6 (2).
13. Research on noise testing and analysis of an automatic transmission / W. Zhan, J. Wu, F. Shao, C. Huang (2013) – Lecture Notes in Electrical Engineering, 201 – LNEE (VOL. 13), 599–605 p.
14. Определение уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контрольных точках в существенно свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью: ГОСТ ISO 11201-2016. – Взамен ГОСТ 31172-2003 (ИСО 11201:1995) – введен 01.11.17 – М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации – 33 с.
15. Система стандартов безопасности труда. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности: ГОСТ 12.2.002-2020. – Взамен ГОСТ 12.2.002-91; введен РБ 01.11.2021 – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации – 54 с.
16. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Точные методы для заглушенных и полузаглушенных камер: ГОСТ ISO 3745-2014 – Введен 01.11.15 – М.: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации – 59 с.
17. Определение уровней звуковой мощности по звуковому давлению Точные методы для реверберационных камер: ГОСТ 31274-2004 – Введен 01.10.05– М.: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации – 28 с.
18. Шум. Определение шумовых характеристик источников шума в свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью. Технический метод: ГОСТ 12.1.026-80 – Введен 01.07.81 – М.: Государственный комитет СССР по стандартам – 10 с.
19. Шум машин. Измерение уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контрольных точках. Метод с коррекциями на акустические условия: ГОСТ 30683-2000 (ИСО 11204-95) – Введен 01.01.03 – Мн.: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации – 20 с.
20. Дизели тракторные и комбайновые. Предельные значения шумовых и вибрационных характеристик. Методы определения: ОСТ 23.1.446-82 ССБТ – Введен 01.01.84 – Министерство тракторного и сельскохозяйственного машиностроения – 33 с.

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ БИЧЕЙ РОТОРНО-БИЛЬНОГО ОБМОЛАЧИВАЮЩЕГО АППАРАТА

**В. А. ШАРШУНОВ, М. В. ЦАЙЦ, В. А. ЛЕВЧУК, С. В. КУРЗЕНКОВ,
А. В. ШИК, 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 20.03.2024)

Обеспечение льносеющих хозяйств качественными семенами районированных сортов является залогом получения стабильных урожаев, важным фактором высокой эффективности хозяйственной деятельности льнозаводов. Льносеющие хозяйства северо-восточных областей Республики Беларусь получение семенного материала осуществляют по комбайновой технологии уборки и первичной переработки льна. Уборка посевов льна при этом осуществляется льноуборочными комбайнами. Для повышения эффективности льноуборочных комбайнов авторами предложено устройство для отделения семенной части льна роторно-бильного типа с радиальным расположением бичей. Бичи ротора, как основной рабочий элемент определяют характер воздействия на обрабатываемый материал и как следствие эффективность предложенного устройства.

В статье приведены аналитические зависимости, описывающие бич как объемной фигуры. Разработана программа расчета параметров бича в системе компьютерной алгебры MathCAD-15, где в качестве исходных данных выступают радиусы ротора и защитного кольца, ширина торцевой поверхности бича, поперечный угол наклона боковой поверхности бича, поперечный угол наклона передней поверхности бича, продольный угол наклона боковой поверхности к плоскости диска.

Приведена методика определения и результаты лабораторных исследований ширины торцевой поверхности бича, поперечного угла наклона боковой поверхности бича, поперечного угла наклона передней поверхности бича.

В результате исследований установлены рациональные значения ширина торцевой поверхности бича (0,05...0,07 м), поперечного угла наклона передней поверхности бича (1,3...1,45 рад) и поперечного угла наклона боковой поверхности бича (0,43...0,53 рад).

Ключевые слова: *лен, роторно-бильный аппарат, геометрические параметры, бич, угол наклона поверхности, обмолот, очес, лента льна, комбайновая технология.*

Providing flax-growing farms with high-quality seeds of zoned varieties is the key to obtaining stable yields, an important factor in the high efficiency of the economic activities of flax plants. Flax-growing farms in the north-eastern regions of the Republic of Belarus obtain seed material using combine technology for harvesting and primary processing of flax. Flax crops are harvested using flax harvesters. To increase the efficiency of flax harvesters, the authors proposed a device for separating the seed part of flax of a rotary beater type with a radial arrangement of beaters. The rotor beaters, as the main working element, determine the nature of the impact on the material being processed and, as a consequence, the effectiveness of the proposed device.

The article presents analytical dependencies that describe the beater as a three-dimensional figure. A program has been developed for calculating the parameters of the beater in the computer algebra system MathCAD-15, where the initial data are the radii of the rotor and the protective ring, the width of the end surface of the beater, the transverse angle of inclination of the side surface of the beater, the transverse angle of inclination of the front surface of the beater, the longitudinal angle of inclination of the side surface to disk plane.

We have presented methods for determining and results of laboratory studies of the width of the end surface of the beater, the transverse angle of inclination of the side surface of the beater, and the transverse angle of inclination of the front surface of the beater.

As a result of the research, rational values were established for the width of the end surface of the beater (0.05...0.07 m), the transverse angle of inclination of the front surface of the beater (1.3...1.45 rad) and the transverse angle of inclination of the side surface of the beater (0.43...0.53 rad).

Key words: *flax, rotary beater, geometric parameters, beater, surface inclination angle, threshing, stripping, flax band, combine technology.*

Введение

Уборка льна-долгунца – это цепочка взаимосвязанных операций. Уровень совершенства каждой операции определяет условия следующей за ней операции. Операция отделения семенной части урожая льна-долгунца от стеблей, определяет качество получаемых льносоломки и вороха льна. Предложенная авторами конструктивно-технологическая схема роторно-бильного аппарата [1, 2] в качестве рабочих органов, разрушающих и отделяющих семенную часть от стеблей, использует бичи сложной формы. При работе роторно-бильного аппарата захваченная бичом порция стеблей льна протаскивается в молотильное пространство, сформированное бичами ротора и боковой декой. Форма и размер бича определяют объем захватываемой порции стеблей льна, а также характер взаимодействия бича со стеблями [3, 4].

При разработке роторно-бильного аппарата следует принять во внимание, прямую зависимость толщины ленты льна от количества в ней стеблей, установленную Ростовцевым Р. А. [5]. В свою оче-

редь Ковалев М. А. установил, что число стеблей на одном погонном метре зажимного транспортера определяется густотой стеблестоя и кинематическим показателем работы агрегата [6].

Упругие свойства семенной коробочки льна исследовались В. В. Комаровым [7]. Им установлено, что семенные коробочки льна являются упруго-вязким материалом, и по мере их созревания и высыхания их упругие свойства изменяются в широком диапазоне. При этом усилие отрыва раздавленных коробочек на 0,5–2,5 Н меньше, чем нераздавленных. В работе [8] М. В. Цайцем установлено, что комбинированное воздействие на коробочку льна-долгунца снижает усилие (на 25...40 %) необходимое для ее разрушения, а также уменьшает (на 9...12,5 %) величину деформации.

Авторами С. В. Курзенковым, В. А. Левчуком, М. В. Цайцем получена модель деформации семенной коробочки льна при сжатии ее рабочими органами обмолачивающего аппарата [9], а также предложена зависимость для определения минимального молотильного зазора, образуемого между ними [10]. Также ими была предложена зависимость для определения объема слоя стеблей льна, находящегося под воздействием бича обмолачивающего устройства [11].

Приведенные свойства и характеристики объекта обработки предопределили сложную, многогранную форму бича ротора.

Цель исследований – установить зависимости геометрических параметров бичей роторно-бильного аппарата от физико-механических свойств стеблей льна и технологических параметров ленты льна, подаваемой на обмолот в льноуборочном комбайне. Разработать методику определения параметров бича ротора как объемной фигуры.

Основная часть

При работе роторно-бильного аппарата захваченная бичом порция стеблей льна протаскивается в молотильное пространство, сформированное бичами ротора и боковой декой. Форма и размер бича определяют объем захватываемой порции стеблей льна, а также характер взаимодействия бича со стеблями.

Бич ротора имеет сложную форму и несколько рабочих поверхностей, выполняющих разные функции [3, 4]. Он представляет собой объемную многогранную фигуру. Выделим основные (рабочие) поверхности (границы) бича. К ним следует отнести переднюю, боковую и торцевую поверхности (рис. 1). Передняя поверхность бича наклонена по отношению к плоскости диска на некоторый угол α_n , что позволит обеспечить гарантированный захват стеблей в начале взаимодействия с лентой льна, а по мере продвижения в подроторное пространство – их скольжение по поверхности. Боковая поверхность бича наклонена по отношению к плоскости вращения ротора на некоторый угол α_b , что обеспечивает вытирание семенных коробочек льна о боковую часть деки.

Поместим предполагаемую фигуру бича, установленного на роторе, согласно принятой схеме [12, 13], в систему координат таким образом, чтобы центр координат находился в центре вращения ротора O (рис. 1).

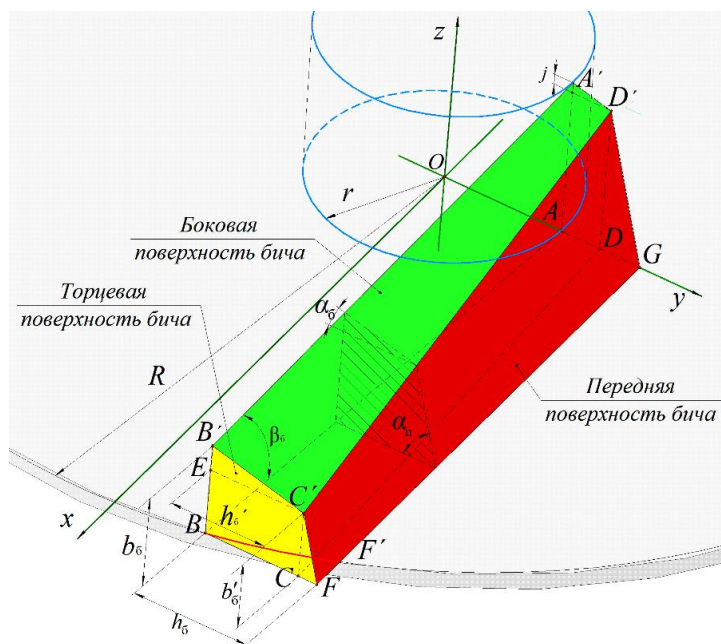


Рис. 1. Схема к определению основных параметров бича

При описании поверхностей и ребер бича использовались сведения из аналитической геометрии.

Плоскость, проходящую через три заданные точки $M_1(x_1; y_1; z_1)$, $M_2(x_2; y_2; z_2)$, $M_3(x_3; y_3; z_3)$, можно описать уравнением:

$$\begin{pmatrix} x - x_1 & y - y_1 & z - z_1 \\ x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \end{pmatrix} = 0, \quad (1)$$

где x, y, z – произвольные координаты текущей точки $M(x; y; z)$ этой плоскости.

Для описания ребер бича использовали уравнение для построения прямой по двум заданным точкам

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{z - z_1}{z_2 - z_1}. \quad (2)$$

Координаты характерных точек бича можно определить как:

$$A = (0; r; 0); \quad (3)$$

$$A' = \left(0; r; \left(b_6 + \sqrt{R^2 - r^2} \operatorname{tg} \beta_6\right)\right); \quad (4)$$

$$B = \left(\sqrt{R^2 - r^2}; r; 0\right); \quad (5)$$

$$B' = \left(\sqrt{R^2 - r^2}; r; b_6\right); \quad (6)$$

$$C = \left(\sqrt{R^2 - r^2}; r + h'_6; 0\right); \quad (7)$$

$$C' = \left(\sqrt{R^2 - r^2}; r + h'_6; b'_6\right); \quad (8)$$

$$D = \left(0; \left(r + \frac{j}{\operatorname{tg} \alpha_6}\right); 0\right); \quad (9)$$

$$D' = \left(0; \left(r + \frac{j}{\operatorname{tg} \alpha_6}\right); \left(b_6 + \sqrt{R^2 - r^2} \operatorname{tg} \beta_6 - j\right)\right); \quad (10)$$

$$F = \left(\sqrt{R^2 - r^2}; r + h_6; 0\right); \quad (11)$$

$$G = (0; r + h_6; 0), \quad (12)$$

где r – радиус защитного кольца, м; b_6 – ширина торцевой поверхности бича, м; R – радиус ротора, м; β_6 – угол между ребрами задней поверхности бича (продольный угол наклона боковой поверхности к плоскости диска), рад; h'_6 – высота прямоугольной части торцевой поверхности бича на пересечении передней и боковой поверхностей, м; b'_6 – ширина прямоугольной части торцевой поверхности бича на пересечении передней и боковой поверхностей, м; j – разность высот концов ребер боковой поверхности возле защитного кольца, м; α_6 – угол между боковой поверхностью бича и плоскостью вращения ротора (поперечный угол наклона боковой поверхности бича к плоскости диска), рад; h_6 – высота торцевой поверхности бича, м.

Математическая модель передней грани $D'C'FG$ с учетом уравнений (1), (10), (11) и (12) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} & (r^3 \operatorname{tg} \beta_6 - R^2 r \operatorname{tg} \beta_6 - R^2 h_6 \operatorname{tg} \beta_6 + r^2 h_6 \operatorname{tg} \beta_6 + jr \sqrt{R^2 - r^2} + j h_6 \sqrt{R^2 - r^2} - \\ & - r b_6 \sqrt{R^2 - r^2} - b_6 h_6 \sqrt{R^2 - r^2} + h_6 z \sqrt{R^2 - r^2} - j z \operatorname{ctg} \alpha_6 \sqrt{R^2 - r^2}) / \\ & / \left(R^2 \operatorname{tg} \beta_6 - r^2 \operatorname{tg} \beta_6 - j \sqrt{R^2 - r^2} + b_6 \sqrt{R^2 - r^2}\right) = 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Математическая модель нижней грани $DGF'C$ с учетом уравнений (1), (7), (9) и (12) будет иметь вид:

$$-z\sqrt{R^2-r^2}(h_6-h'_6)=0. \quad (14)$$

Математическая модель боковой грани $A'B'C'D'$ с учетом выражений (1), (4), (6) и (8) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} r^2 h'_6 \operatorname{tg} \beta_6 - R^2 h'_6 \operatorname{tg} \beta_6 - r b_6 \sqrt{R^2-r^2} + r b'_6 \sqrt{R^2-r^2} - b_6 h'_6 \sqrt{R^2-r^2} + \\ + b_6 y \sqrt{R^2-r^2} - b'_6 y \sqrt{R^2-r^2} + h'_6 z \sqrt{R^2-r^2} + h'_6 x \operatorname{tg} \beta_6 \sqrt{R^2-r^2} = 0, \end{aligned} \quad (15)$$

а с учетом выражений (1), (4), (6) и (10) уравнение грани $A'B'C'D'$ будет иметь вид:

$$\begin{aligned} (j r^2 \operatorname{tg} \beta_6 - R^2 j \operatorname{tg} \beta_6 - j b_6 \sqrt{R^2-r^2} + j z \sqrt{R^2-r^2} - j r \operatorname{tg} \alpha_6 \sqrt{R^2-r^2} + \\ + j x \operatorname{tg} \beta_6 \sqrt{R^2-r^2} + j y \operatorname{tg} \alpha_6 \sqrt{R^2-r^2}) \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_6} = 0. \end{aligned} \quad (16)$$

Математическая модель задней грани $AA'B'B$ с учетом уравнений (1), (3), (4) и (5) будет иметь вид:

$$r^3 \operatorname{tg} \beta_6 - R^2 r \operatorname{tg} \beta_6 + R^2 y \operatorname{tg} \beta_6 - r^2 y \operatorname{tg} \beta_6 - r b_6 \sqrt{R^2-r^2} + b_6 y \sqrt{R^2-r^2} = 0. \quad (17)$$

Математическая модель внешней торцевой грани $B'BFC'$ с учетом уравнений (1), (5), (6) и (11) будет иметь вид:

$$b_6 h_6 x - b_6 h_6 \sqrt{R^2-r^2} = 0. \quad (18)$$

Торцевая грань, по сути, не является рабочей поверхностью, она в данном случае выполняет вспомогательную функцию. Она параллельна плоскости zOy и проходит через точку B (точка пересечения нижнего ребра задней поверхности бича и наружной окружности диска ротора). Формирование действительной торцевой поверхности выполним перемещением высоты BB' по кривой BF' .

Математическая модель внутренней торцевой грани $AA'D'G$ с учетом уравнений (1), (3), (4) и (12) будет иметь вид:

$$b_6 h_6 x + h_6 x \operatorname{tg} \beta_6 \sqrt{R^2-r^2} = 0. \quad (19)$$

Пересечение граней бича формируют его ребра. Уравнения ребер бича определим как прямые, проходящие через две заданные точки.

Уравнение ребра GD' будет иметь вид:

$$z = \frac{\operatorname{tg} \alpha_6 (b_6 - j + \operatorname{tg} \beta_6 \sqrt{R^2-r^2})}{j - h_6 \operatorname{tg} \alpha_6} y - \frac{(r + h_6) \operatorname{tg} \alpha_6 (b_6 - j + \operatorname{tg} \beta_6 \sqrt{R^2-r^2})}{j - h_6 \operatorname{tg} \alpha_6}. \quad (20)$$

Уравнение ребра $A'B'$

$$z = b_6 - \operatorname{tg} \beta_6 x + \sqrt{R^2-r^2} \operatorname{tg} \beta_6. \quad (21)$$

Уравнение ребра $B'C'$

$$z = \frac{(b_6 - b'_6)}{h'_6} (y - r) + b_6 \quad (22)$$

Уравнение ребра FC'

$$z = - \left(\frac{b'_6}{h_6 - h'_6} \right) [y - (r + h_6)] \quad (23)$$

Уравнение ребра $C'D'$

$$\frac{x}{\sqrt{R^2-r^2}} = \frac{r - y + \frac{j}{\operatorname{tg} \alpha_6}}{h'_6 - \frac{j}{\operatorname{tg} \alpha_6}} = \frac{j - b_6 + z - \operatorname{tg} \beta_6 \sqrt{R^2-r^2}}{j - b_6 + b'_6 - \operatorname{tg} \beta_6 \sqrt{R^2-r^2}}. \quad (24)$$

Поскольку символьное выражение получаемых уравнений граней бича громоздкое и данными формулами в приведенном виде пользоваться довольно проблематично, для определения параметров бичей была разработана программа расчета в системе компьютерной алгебры MathCAD-15 (рис. 2), где в качестве исходных данных выступают радиусы ротора и защитного кольца, ширина b_6 торцевой поверхности бича, поперечный угол α_6 наклона боковой поверхности бича, поперечный угол α_1 наклона передней поверхности бича, продольный угол β_6 наклона боковой поверхности к плоскости

диска. Для определения параметров бича как объемной фигуры необходимо определить параметры исходных данных.

На изготовленной лабораторной установке (описание лабораторной установки приведено в работе [14]) были проведены однофакторные эксперименты по уточнению рациональных значений: поперечного угла наклона боковой поверхности бича α_6 , поперечного угла наклона передней поверхности бича α_n , ширины торцевой поверхности бича b_6 . Для этого было изготовлено шесть комплектов бичей с поперечным углом наклона боковой поверхности $20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ$ и 45° и шесть комплектов бичей с поперечным углом наклона передней поверхности $60^\circ, 65^\circ, 70^\circ, 75^\circ, 80^\circ$ и 85° (рис. 3, а и б). Ширину торцевой части бича изменяли путем установки проставок бича различной толщины (рис. 3, в).

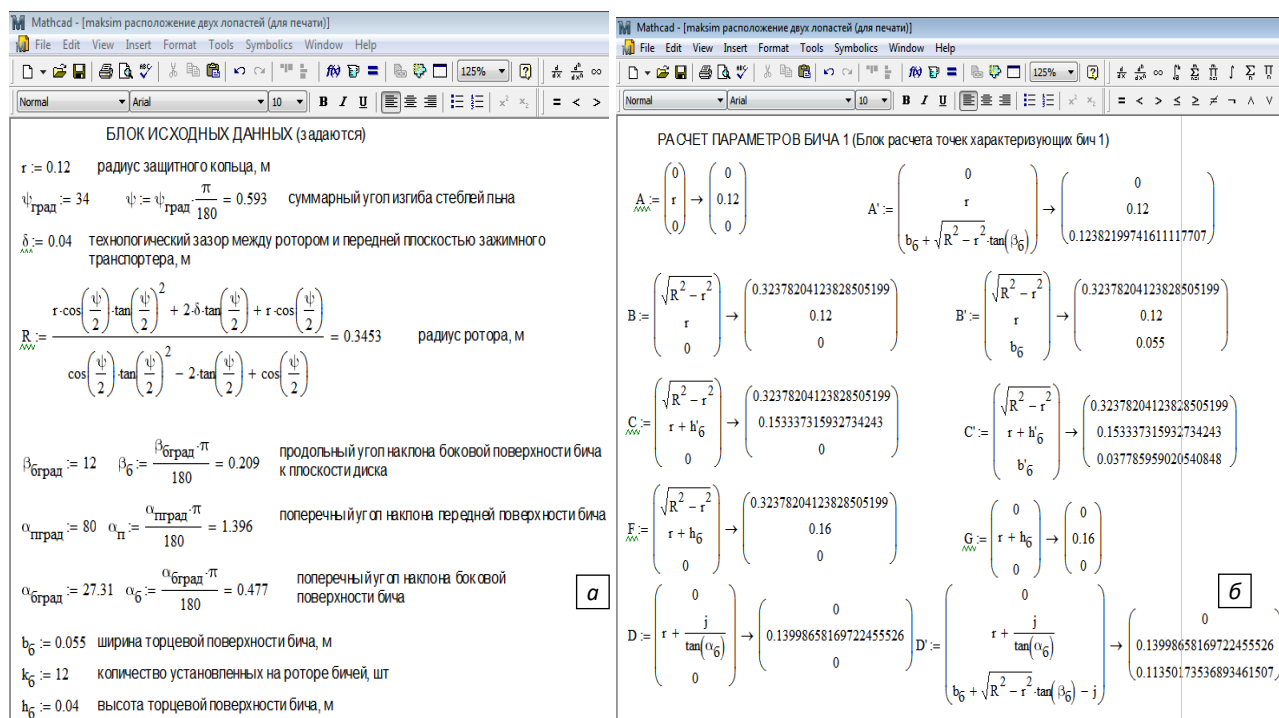


Рис. 2. Расчет параметров бичей ротора: а – блок исходных данных; б – блок расчета точек характеризующих параметры бича



Рис. 3. Бичи с поперечным углом наклона боковой поверхности $20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ$ и 45° (а), бичи с поперечным углом наклона передней поверхности $60^\circ, 65^\circ, 70^\circ, 75^\circ, 80^\circ$ и 85° (б), ротор с бичами и проставками (в): 1 – ротор; 2 – проставка; 3 – бич.

За функции отклика были приняты чистота обмолота $\text{Ч}_{об}$, т. е. количество семян, выделенных из ленты льна за один проход через молотильный аппарат и выраженное в долях ко всем семенам, находящимся в коробочках в подаваемой на обмолот ленте и степень повреждений стеблей $\text{П}_{ст}$ льна, т. е. отношение числа поврежденных стеблей к общему числу обмолоченных стеблей.

Интервалы варьирования факторов и их границы были определены на основании проведенных теоретических исследований процесса обмолота и априорной информации. Опыты проводились в

трехкратной повторности. По результатам проведенных исследований были получены графические зависимости (рис. 4).

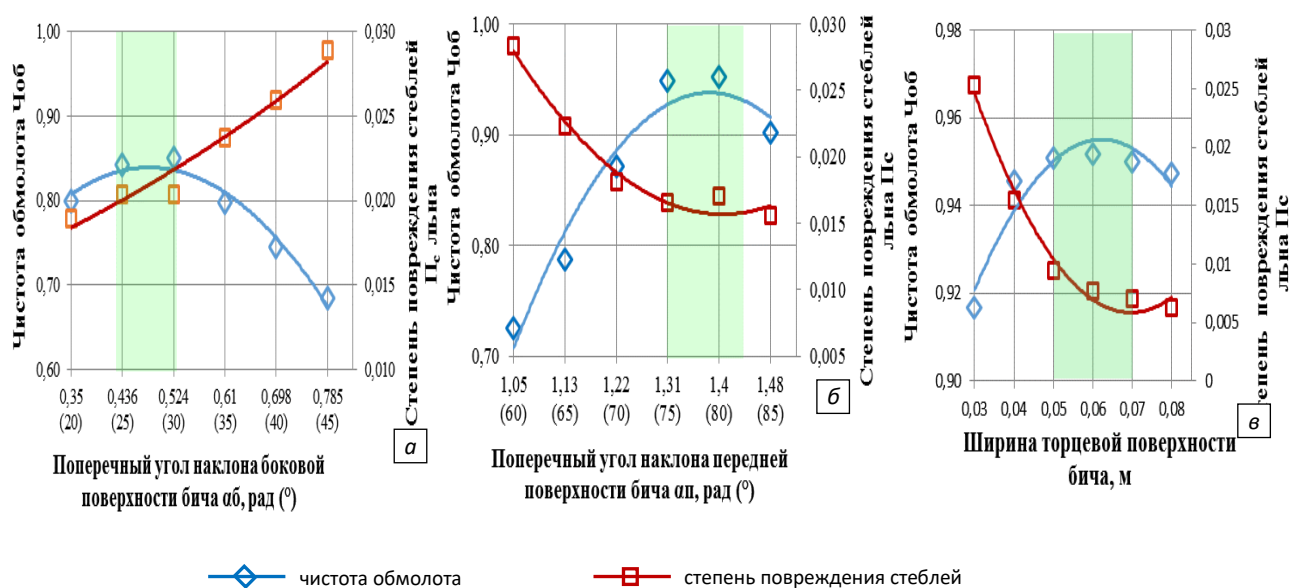


Рис. 4. Влияние поперечного угла наклона боковой поверхности бича (а), поперечного угла наклона передней поверхности бича (б), ширины торцевой поверхности бича (е) на чистоту обмолота и степень повреждения стеблей

Анализ результатов исследований и графической зависимости (рис. 4, а) позволяет сделать вывод о том, что рациональный поперечный угол α_b наклона боковой поверхности бича с учетом его влияния на чистоту обмолота и степень повреждения стеблей находится в диапазоне 0,43...0,53 рад (25°...30°).

Анализ зависимостей чистоты обмолота льна и степени повреждения стеблей от поперечного угла α_n наклона передней поверхности бича (рис. 4, б) показал, что диапазон рациональных значений угла находится в пределе 1,3...1,45 рад (74°...83°).

Анализ полученных результатов исследований влияния ширины торцевой поверхности бича b_b на функции отклика позволяет сделать вывод о том, что диапазон ее рациональных значений находится в пределах 0,05...0,07 м.

Заключение

Получены аналитические зависимости для определения параметров бича как объемной фигуры с учетом ширины торцевой части бича, диаметра ротора, поперечного угла наклона боковой поверхности бича, продольного угла наклона боковой поверхности бича, угла наклона передней поверхности бича к плоскости диска и количества установленных на роторе бичей.

Разработана методика и лабораторное оборудование для определения рациональных параметров ширины торцевой поверхности бича, поперечного угла наклона передней поверхности бича и поперечного угла наклона боковой поверхности бича. В результате проведенных лабораторных исследований установлены рациональные параметры: ширина торцевой поверхности бича – 0,05...0,07 м; поперечный угол наклона передней поверхности бича – 1,3...1,45 рад; поперечный угол наклона боковой поверхности бича – 0,43...0,53 рад.

Предложена методика расчета параметров бича, реализованная в системе компьютерной алгебры MathCAD-15.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 2788696 С1 РФ. Устройство для отделения семенных коробочек и семян льна от стеблей / М. В. Симонов, В. А. Шаршунов, Н. С. Сентюров, М. В. Цайц. заявл. 16.06.2022; опубл. 24.01.2023, Бюл. № 3.
2. Устройство для отделения семенных коробочек льна от стеблей: пат. 21293 Респ. Беларусь, МПК А 01D 45/06 (2006.01) / В. Е. Кругленья, В. И. Коцуба, П. Д. Сентюров, А. Д. Сентюров, М. В. Цайц, Г. А. Райлян, И. Л. Подшиваленко; заявитель УО БГСХА. – № а 20130044; заявл. 14.01.2013; опубл. 25.05.2017 // Афіцыйны бюлетэнь / Нацыянальны цэнтр інтэлекту-альнай уласнасці. – 2017. – № 4 (117). – С. 57.
3. Обоснование продольного угла наклона боковой поверхности бича к плоскости диска роторно-бильного обмолачивающего аппарата / М. В. Цайц, В. А. Левчук, В. О. Коцуба и др. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 1. – С. 149–153.
4. Цайц, М. В. Обоснование параметров и режимов работы роторного бильно-вычесывающего устройства для обмолота льна // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 2. – С. 167–172.

5. Ростовцев, Р. А. Повышение эффективности уборки льна-долгунца путем разработки технологических процессов и технических средств для их осуществления: дис. ... док. техн. наук: 05.20.01. – Санкт-Петербург-Павловск, 2010. – 444 с.
6. Ковалев, М. М. Плоскостные аппараты льноуборочных машин (конструкция, теория и расчет): Монография / М. М. Ковалев, В. П. Козлов. – Тверское областное книжно-журнальное издательство, 2002. – 208 с.
7. Комаров, В. В. Повышение эффективности процесса отделения семян от стеблей льна путем применения вальцово-гребневого аппарата: дис. ... канд. техн. наук 05.20.01. / В. В. Комаров. – Кострома, 2005. – 141 с.
8. Цайц, М. В. Определение усилия разрушения коробочек льна-долгунца / М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 4. – С. 93–99.
9. Курзенков, С. В. Моделирование деформации формы коробочки льна при ее сжатии между бичом и декой в процессе обмолота / С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 142–147.
10. Курзенков, С. В. Теоретическое обоснование молотильного зазора обмолачивающего устройства линии первичной переработки льна / С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2. – С. 160–164.
11. Курзенков, С. В. Методика расчета параметров слоя стеблей льна в зоне обмолота / С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 154–159.
12. Обоснование параметров установки зажимного транспортера и деки обмолачивающего устройства линии первичной переработки / В. А. Шаршунов, С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2. – С. 170–175.
13. 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.
14. Цайц, М. В. Поисквые эксперименты процесса обмолота лент льна роторным бильно-вычесывающим устройством // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 156–164.

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНЫХ АКТИВАТОРОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

А. П. КАРЛЮК, В. Н. ЕДНАЧ

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220012, e-mail: karlyuk.aleksej@yandex.ru; val-ed@mail.ru

(Поступила в редакцию 26.03.2024)

В ходе данного исследования мы провели обширный и подробный анализ, чтобы изучить, насколько эффективно использование различных внешних методов с низкой энергетической интенсивностью может улучшить эксплуатационные характеристики дизельного топлива. Мы особо обратили внимание на применение магнитной активации с помощью неодимовых магнитов и провели оценку технико-экономических преимуществ такого подхода. Полученные результаты позволяют сделать вывод о высокой эффективности и перспективности использования магнитной активации для улучшения полноты сгорания и экономических характеристик дизельного топлива.

Наша цель в этом исследовании заключалась в определении оптимальных параметров магнитной активации для повышения энергетической эффективности дизельного топлива. Мы провели анализ воздействия различных факторов, таких как сила магнитного тока, частота и длительность обработки, на процесс магнитной активации. На основе полученных данных мы разработали технологию, которая позволяет определить наилучшие параметры для достижения максимального эффекта от магнитной активации.

Таким образом, в результате исследования была разработана технология для определения оптимальных магнетотропных параметров и предложены новые авторские конструкции магнитных активаторов, которые способствуют увеличению теплотворности дизельного топлива и повышению его эффективности в работе двигателей.

Ключевые слова: тепловые двигатели; дизельное топливо; теплотворная способность; молекулярные кластеры; диамагнетики; сила связи; малоэнергетические воздействия, неодимовый магнит; магнитная активация, вязкость.

In this study, we conducted an extensive and detailed analysis to examine how effectively the use of various low energy intensity external techniques can improve diesel fuel performance. We paid particular attention to the use of magnetic activation using neodymium magnets and assessed the technical and economic advantages of this approach. The results obtained allow us to conclude that the use of magnetic activation is highly effective and promising to improve the completeness of combustion and economic characteristics of diesel fuel.

Our goal in this study was to determine the optimal magnetic activation parameters to improve the energy efficiency of diesel fuel. We analyzed the impact of various factors, such as the strength of the magnetic current, frequency and duration of treatment, on the process of magnetic activation. Based on the data obtained, we have developed a technology that allows us to determine the best parameters to achieve the maximum effect from magnetic activation.

Thus, as a result of the research, a technology was developed to determine optimal magnetotropic parameters, and new proprietary designs of magnetic activators were proposed, which help to increase the calorific value of diesel fuel and increase its efficiency in engine operation.

Key words: heat engines; diesel fuel; calorific value; molecular clusters; diamagnetic materials; connection strength; low-energy effects, neodymium magnet; magnetic activation, viscosity.

Введение

В настоящее время, с развитием использования дизельного топлива в автотранспорте, возникает потребность в поиске новых подходов для повышения энергетической эффективности и снижения экологического воздействия дизельных двигателей. Это особенно важно учитывать в условиях ограниченности мировых запасов нефти [1].

В данном контексте использование магнитных активаторов становится одним из важных аспектов современности. Магнитные активаторы имеют способность воздействовать на молекулярную структуру дизельного топлива, что в итоге приводит к улучшению энергетических и экологических характеристик двигателей. Это особенно важно учитывать в условиях ограниченности мировых запасов нефти и увеличения потребления топливно-энергетических ресурсов.

Использование магнитных активаторов имеет потенциал для оптимизации процесса сгорания дизельного топлива внутри двигателя. Это приводит к увеличению его КПД и сокращению количества вредных веществ в отработанных газах. Магнитная активация обеспечит постоянную молекулярную структуру топлива, делая его более стабильным и эффективным. В результате происходит более полное сжигание топлива и эффективное использование полученной энергии.

С применением магнитных активаторов открываются результаты значительного улучшения состояния и экологических характеристик дизельных двигателей внутреннего сгорания. Этот решающий шаг в достижении топливной эффективности, который предполагает развитие и более эффективное использование ограниченных топливно-энергетических ресурсов.

Для улучшения технических характеристик двигателей, в том числе отремонтированных планируется использовать магнитные активаторы топлива.

Теплотворная способность является одним из основных показателей качества топлива. Она напрямую связана с полнотой сгорания топлива, что влияет на энергетическую и экологическую эффективность двигателей внутреннего сгорания.

Целью данного исследования является изучение эффективности активации топлива путем его физико-химической обработки с целью выделения дополнительной тепловой энергии. Это позволит повысить полноту сгорания топлива и снизить количество вредных компонентов в выхлопных газах.

Основная часть

Использование магнитной обработки или повышение эффективности жидких углеводородных топлив является наиболее надежным методом с точки зрения технико-экономических показателей. В различных областях деятельности, таких как медицина, экономическое хозяйство, промышленность, теплоэнергетика, коммунальное хозяйство и другие, уже имеется резерв опыта применения постоянных магнитных полей, созданных специальными устройствами, такими как магнетроны или магнитоактиваторы, которые работают на ферромагнитных элементах с различной физико-химической природой. [3, 4–7].

Применение магнитной обработки в нефтяных средах, основанное на «коллоидной теории», направлено на воздействие смолисто-асфальтеновых компонентов (САК) в нефти и нефтепродуктах. Такие компоненты представляют собой дополнительные микропримеси, которые обладают свободными поверхностными зарядами и могут взаимодействовать с внешним магнитным полем [6, 7].

Следовательно, основной целью повышения энергетической эффективности теплотворной способности топлива является дезагрегация молекулярных кластеров с целью извлечения малых молекул.

Следующим этапом в улучшении теплотворной способности топлива является диссоциация молекул на свободные радикалы и атомы. При воздействии оптимальных магнитных полей с учетом параметров, структура топлива меняется, что приводит к образованию различных радикалов. Жидкая фаза частично переходит в газообразную, водород высвобождается, метан превращается в метил, этан – в этил, бутан – в бутил и так далее. Целенаправленная настройка параметров магнитного процесса направлена на увеличение распространенной тепловой энергии путем обеспечения полного сгорания. Наша задача состоит в разделении кластеров на молекулы молекул и последующем разделении молекул на их части, что значительно улучшит теплотворные характеристики топлива. Разумное регулирование магнитных параметров срабатывание направлено на увеличение выделяемой тепловой энергии путем обеспечения полного сгорания [3]. В данном методе исследований мы применяем мощность магнитного поля (ЭМП) для разрушения кластеров и внутримолекулярных связей.

Основными экономическими химическими связями, которые дают информацию о геометрической протяженности и стабильности молекул, являются связи по длине, валентному углу и энергии связи. Измерение результатов процессов, исследование спектров и другие методы позволяют определить эти характеристики. [2]

На рис. 1 показаны этапы воздействия магнитного поля на единичный диполь.

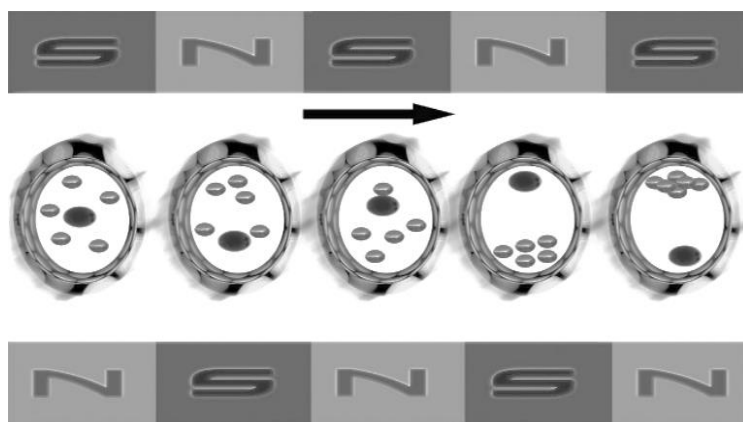


Рис. 1. Движение молекулы в переменном магнитном поле

Во-первых, магнитное поле эффективно нейтрализует электростатический заряд, который может накапливаться в топливных элементах, и изменяет его структуру.

Во-вторых, магнитное поле влияет на вязкость и другие связанные с ней параметры, такие как диэлектрическая проницаемость, поверхностное натяжение жидкости, константы горения и растворимость кислорода в топливе. Эти изменения в свойствах топлива могут существенно повлиять на его характеристики и процессы сгорания.

В-третьих, магнитное поле обеспечивает упорядочивание ориентаций спиновых и орбитальных моментов молекул, которые ранее находились в хаотическом состоянии.

В-четвертых, переменное магнитное поле вызывает переменные движения ассоциатов-кластеров, что приводит к их разрушению диполи. Эти диполи более эффективно участвуют в процессе горения. В результате таких процессов высвобождаются свободные радикалы и производятся компоненты молекул, что дополнительно обеспечивает теплотворную способность.

При разработке устройств для магнитного воздействия и в других исследованиях особое внимание уделяют следующим параметрам: индекс магнитного поля (ИМП); градиент распространения ИМП; время воздействия в ИМП; количество пересечений магнитных полей рассматриваемой жидкостью, вызывающей воздействие; скорость движения жидкости в магнитном поле [2].

В соответствии с теорией близкодействия, энергия магнитного поля (ЭМП) распределена по всему объему пространства V , в котором присутствует магнитное поле. ЭМП, содержащаяся в единичном объеме этого поля, называется объемной плотностью энергии магнитного поля w [7]:

$$w = \frac{W}{V} \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{BH}{2}, \quad (1)$$

где B – магнитная индукция; Тл; μ_0 – магнитная постоянная; Гн/м; H – напряженность магнитного поля; А/м; μ – относительная магнитная проницаемость.

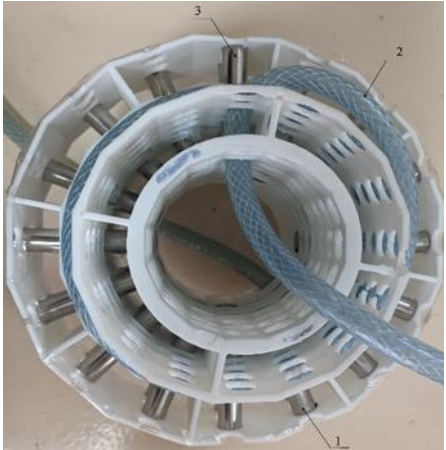
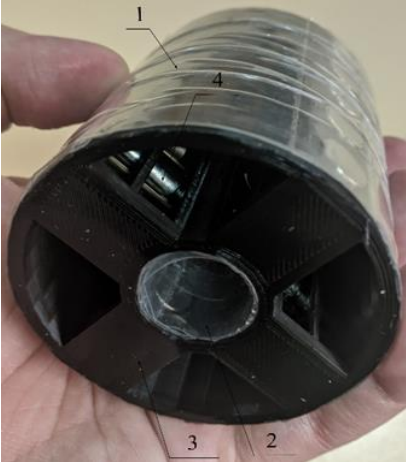
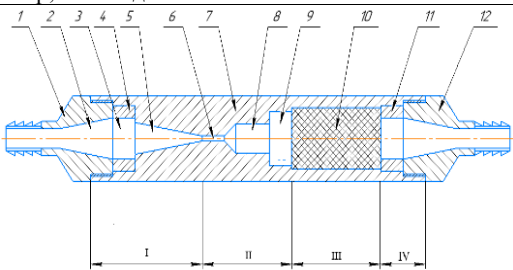
Молекулярные цепочки органического топлива, обрабатываемые переменным магнитным полем, подвергаются переменным движением и разрываются. Это приводит к увеличению количества активных участков молекулы, которые одновременно участвуют в окислительных процессах.

Существующие способы активации с помощью неодимовых магнитов основаны на принципе пропускания жидкости через магнитное поле таким образом, чтобы угол между направлением движения жидкости и направлением магнитной индукции был отличен от нуля. Если угол около 90 градусов, то достигается наибольший эффект омагничивания.

Всем известно, что чем более сложным является устройство, тем больше вариантов его конструкции возможно. В настоящее время существует более ста различных устройств для магнитной обработки жидкостей, что затрудняет их классификацию и сравнение. Для того чтобы классифицировать такие устройства, можно использовать различные признаки. Например, можно учитывать источник магнитного поля, каким может быть постоянные магниты или переменные. Также можно учитывать форму потока жидкости, например, прямолинейный, спиральный или какой-либо другой. Еще одним важным признаком может быть характер изменения магнитного поля, например, постоянное, пульсирующее, звуковые частоты, высокие частоты и т. д.

В настоящее время созданы многочисленные конструкции аппаратов магнитной активации топлив, функционирующие как на электромагнитном принципе, так и на создании МП постоянными магнитами с периодической сменой полярности. Известные конструкции аппаратов для магнитной активации жидкостей (АМАЖ) имеют низкий коэффициент использования рабочего объема (КИРО), равный отношению длины зон, в которых происходит активация, к общей длине рабочей части аппарата, и не превышающий 0,75–0,8. При скорости протекания топлива 0,5–1,0 м/с время экспозиции в магнитном зазоре – не более 0,2 с. Для увеличения времени экспозиции конструктивно реализуют либо увеличение длины рабочей зоны АМАЖ, либо снижение скорости движения жидкости путем локального увеличения сечения трубопровода. На основе данной концепции нами реализованы и запатентованы конструкции АМАЖ [1], во многом свободные от перечисленных недостатков (табл. 1).

Таблица 1. Улучшенные конструкции аппаратов для магнитной активации жидкостей

Конструкция	Преимущества и недостатки	Примечания
<p>1 – внутренняя обойма с магнитами; 2 – трубопровод; 3 – внешняя обойма с магнитами;</p> 	<p><i>Преимущества:</i> КИРО более 2,5; время экспозиции в МП – более 2 с.</p>	<p>Рабочая жидкость движется в зигзагообразном потоке через оптимально сформированные магнитные поля, пересекая магнитные силовые линии под углом, близким к 90 градусам. В результате она находится под воздействием магнитного поля в течение продолжительного времени, что способствует эффективной магнитной активации</p>
 <p>1 – внешняя обойма; 2 – внутренняя обойма; 3 – магнитный активатор; 4 – неодимовые магниты</p>	<p><i>Преимущества:</i> ламинарное движение потока жидкости под углом 90° к силовым линиям магнитного потока; КИРО свыше 20</p>	<p>Для создания переменного магнитного поля происходит изменение полярности магнитов на противоположную через определенные угловые промежутки, которые называются секторами. Каждый сектор содержит определенное количество магнитов, что обеспечивает требуемую смену полярности и создание переменного магнитного поля</p>
 <p>1 – корпус; I – зона подачи топлива; 2 – обратно усеченный конус; 3 – цилиндрическая часть; 4 – кольцевой магнит; 5 – коническая часть; II – зона кавитации; 6 – канал; III – зона смешения; IV – зона отвода; 6 – канал; 7 – ступенчатая часть; 8, 9 – зоны переменного диаметра; 10 – смесительный элемент лабиринтного типа; 12 – кольцевой магнит; 13 – коническая часть</p>	<p><i>Преимущества:</i> ламинарное движение потока жидкости под углом 90° к силовым линиям магнитного потока; увеличение времени экспозиции жидкости в магнитном поле в 20–25 раз</p>	<p>Для создания переменного магнитного поля происходит изменение полярности магнитов на противоположную через определенные промежутки, которые равны длине магнита. Это позволяет создать периодическое изменение магнитного поля, которое может быть использовано для различных целей, таких как магнитная обработка или активация жидкостей</p>

Эффективность конструктивных решений АМАЖ и степень активации могут быть оценены косвенными методами путем анализа изменений физических свойств жидкости. Некоторые из таких свойств включают диэлектрическую проницаемость, электропроводность, магнитную восприимчивость, коэффициент преломления, плотность, вязкость, поверхностное натяжение, скорость испарения и другие. Измерение этих параметров позволяет сделать выводы о степени воздействия магнитного поля на жидкость и оценить эффективность применяемых конструктивных решений АМАЖ. [1, 5].

Таблица 2. К применению косвенных методов оценки эффективности активации

Показатель	Расчетная зависимость	Примечание
Плотность	<p>1. С учетом температурного расширения:</p> $\rho = \frac{\rho_{ст}}{1 + \beta_t(T - T_{ст})};$ <p>2. Для неассоциированных растворов:</p> $\rho_{см} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{x_k}{\rho_k}}$	<p>T – текущее значение температуры; $T_{ст}$ – стандартная температура; β_t – коэффициент объемного температурного расширения; x_i – массовая доля i-го компонента в смеси, кг/кг; ρ_i – плотность i-го компонента</p>
Вязкость	<p>1. Касательные силы по формуле Ньютона:</p> $\tau = \mu \cdot \frac{dV}{dn}.$ <p>2. Для смеси неассоциированных жидкостей:</p> <p>3.</p> $\ell g \mu_{см} = x_1 \ell g \mu_1 + x_2 \ell g \mu_2 + \dots + x_n \ell g \mu_n$	<p>μ – динамический коэффициент вязкости; V – скорость потока жидкости; n – единица длины изменения скорости по нормали к направлению движения; $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ – динамические коэффициенты вязкости компонентов смеси жидкостей, Па · с; $\mu_{см}$ – динамический коэффициент вязкости смеси жидкостей, Па · с; x_1, x_2, \dots, x_n – мольные доли компонентов смеси</p>
Поверхностное натяжение	<p>Поверхностное натяжение определяют как энергию, которую необходимо затратить для создания единицы площади новой поверхности раздела фаз. Величина поверхностной энергии тем больше, чем больше площадь свободной поверхности. Пусть площадь свободной поверхности изменилась на ΔS, при этом поверхностная энергия изменилась на $\Delta W_p = \sigma \cdot \Delta S$, где σ – коэффициент поверхностного натяжения. Так как для этого изменения необходимо совершить работу $A = \Delta W_p$, или $A = \sigma \cdot \Delta S$. Отсюда величина коэффициента поверхностного натяжения</p> $\sigma = A \Delta S$	<p>В инженерной практике для системы жидкость–газ поверхностное натяжение можно считать зависящим только от природы жидкости. Для системы жидкость–жидкость поверхностное натяжение можно приближенно рассчитать как разность поверхностных натяжений этих жидкостей на границе раздела с газом. Размерностью коэффициента поверхностного натяжения в СИ является Дж/м². Равнозначной ему величиной является Н/м (1 Дж/м² = 1Н/м)</p>
Теплоемкость	<p>Массовая теплоемкость смеси жидкостей пропорциональна массовой доле компонента смеси и рассчитывается по уравнению</p> $c_{см} = c_1 \bar{x}_1 + c_2 \bar{x}_2 + \dots + c_n \bar{x}_n$	<p>$c_{см}$ – массовая теплоемкость смеси жидкостей или газов, Дж/(кг · К); c_1, c_2, c_n – теплоемкости компонентов смеси, Дж/(кг · К); x_1, x_2, x_n – массовые доли компонентов смеси</p>
Теплопроводность	<p>Коэффициент теплопроводности жидкостей пропорционален изобарной теплоемкости (c_p), плотности (ρ) и вязкости (μ):</p> $\lambda_{30} = A \cdot c_p \sqrt{\frac{\rho}{\mu}}.$ <p>Зависимость теплопроводности от температуры описывается уравнением:</p> $\lambda_t = \lambda_{30} [1 - \beta(t - 30 \text{ } ^\circ\text{C})]$ $Pr = c \cdot \mu / \lambda$ $v = \frac{2(\rho - \rho') g r^2}{9\eta}$	<p>λ_{30} – коэффициент теплопроводности при 30 °С, Вт/(м · К); μ – динамический коэффициент вязкости, Па · с; ρ – плотность, кг/м³; β – коэффициент объемного расширения, 1/К; t – температура, °С; A – коэффициент, зависящий от степени ассоциации жидкости. Для ассоциированных жидкостей (вода) $A = 3,5840^{-3}$, для неассоциированных (бензол) $A = 4,2240^{-8}$</p>
Интегральный показатель	<p>Формула Прандтля обобщенно характеризует теплофизические свойства жидкостей. Рассчитывается по уравнению:</p> $Pr = c \cdot \mu / \lambda$	<p>c – удельная массовая теплоемкость, Дж/(кг · К); μ – динамический коэффициент вязкости, Па · с; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К)</p>

Примечание: для определения показателей 1–5 используют стандартные номограммы.

В ноябре 2023 г. марте 2024 г. мы провели серию экспериментов, чтобы оценить изменение вязкости дизельного топлива после прохождения через магнитный активатор. Для этого мы использовали вискозиметр ВПЖ-3 и засекали время, которое дизельное топливо затрачивало на прохождение через контрольный отрезок. Результаты этих опытов приведены ниже.

Количество проходов жидкости через активатор определялось исходя из геометрической прогрессии: 1,2,4,8,16,32,64, 128... раз.

Технические характеристики вискозиметра ВПЖ-3:

Диаметр капилляра – 0,43 мм.

V (кинематическая вязкость) – дизельного топлива (зимнего) – 4,5 мм²/с

Постоянная вискозиметра К – 0,01632 мм²/с².

Вязкость жидкости измеряется по формуле: $V (мм^2/с) = K \cdot t \cdot d$, где

K – постоянная вискозиметра, мм²/с²;

V – кинематическая вязкость жидкости, мм²/с;

t – время истечения жидкости, с.

В этом опыте магниты из внешней и внутренне кассеты были расположены разноименными полюсами по отношению к топливопроводу.

Таблица 3. Результаты проведения опытов по изменению вязкости дизельного топлива (разноименные полюсы)

№ п/п	Количество активаций	Время прохождения жидкости через контрольный отрезок вискозиметра	Вязкость дизельного топлива: V- мм ² /с
1	1	27,14 сек	$0,01632 \cdot 27,14 \cdot 4,5 = 1,99 \text{ мм}^2/\text{с}$.
2	2	26,52 сек.	$0,01632 \cdot 26,52 \cdot 4,5 = 1,95 \text{ мм}^2/\text{с}$.
3	4	26,25 сек	$0,01632 \cdot 26,25 \cdot 4,5 = 1,94 \text{ мм}^2/\text{с}$.
4	8	24,88 сек.	$0,01632 \cdot 24,88 \cdot 4,5 = 1,82 \text{ мм}^2/\text{с}$.
5	16	23,61 сек.	$0,01632 \cdot 23,61 \cdot 4,5 = 1,73 \text{ мм}^2/\text{с}$.
6	32	22,78 сек.	$0,01632 \cdot 22,78 \cdot 4,5 = 1,67 \text{ мм}^2/\text{с}$.
7	64	21,86 сек.	$0,01632 \cdot 21,86 \cdot 4,5 = 1,60 \text{ мм}^2/\text{с}$.
8	128	20,91 сек.	$0,01632 \cdot 20,91 \cdot 4,5 = 1,53 \text{ мм}^2/\text{с}$.

Во втором опыте магниты из внешней и внутренне кассеты были расположены одноименными полюсами по отношению к топливопроводу.

Таблица 4. Результаты проведения опытов по изменению вязкости дизельного топлива (одноименные полюсы)

№ п/п	Количество раз активаций	Время прохождения жидкости через контрольный отрезок вискозиметра	Вязкость дизельного топлива: V- мм ² /с
1	1	27,10 сек.	$0,017 \cdot 27,10 \cdot 4,5 = 2,07 \text{ мм}^2/\text{с}$.
2	2	26,52 сек.	$0,017 \cdot 26,52 \cdot 4,5 = 2,028 \text{ мм}^2/\text{с}$.
3	4	25,14 сек.	$0,017 \cdot 25,14 \cdot 4,5 = 1,92 \text{ мм}^2/\text{с}$.
4	8	24,88 сек.	$0,017 \cdot 24,88 \cdot 4,5 = 1,90 \text{ мм}^2/\text{с}$.
5	16	23,28 сек.	$0,017 \cdot 23,28 \cdot 4,5 = 1,78 \text{ мм}^2/\text{с}$.
6	32	22,78 сек.	$0,017 \cdot 22,78 \cdot 4,5 = 1,74 \text{ мм}^2/\text{с}$.
7	64	21,62 сек.	$0,017 \cdot 21,62 \cdot 4,5 = 1,65 \text{ мм}^2/\text{с}$.
8	128	20,41 сек.	$0,017 \cdot 20,41 \cdot 4,5 = 1,56 \text{ мм}^2/\text{с}$.



Рис. 2. Схема установки магнитной активации топлива

По результатам проведенных исследований установлено, что использование магнитного активатора способствует снижению вязкости дизельного топлива при увеличении числа проходов через активатор. Это наблюдаемое снижение вязкости является одним из косвенных показателей эффективности магнитной активации топлива.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что наиболее эффективное снижение вязкости дизельного топлива наблюдается при использовании магнитного активатора с одноименной полярностью. При этом, при использовании активатора с разноименной полярностью, наблюдается обратная динамика: вязкость сначала незначительно снижается на начальных этапах, а затем постепенно возрастает. Также стоит отметить, что при выключении магнитного поля наблюдается снижение вязкости в течение первых 1–10 активаций, причем это снижение более заметное, чем при использовании разноименной полярности. Однако, с дальнейшим увеличением количества активаций, вязкость практически не изменяется.

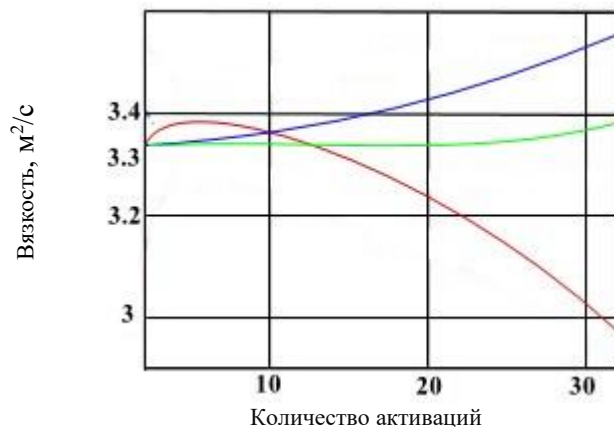


Рис. 3. Зависимость вязкости дизельного топлива от количества циклов активации при различной полярности магнитных наконечников (сплошная красная линия – одноименные, сплошная синяя линия – разноименные, сплошная зеленая линия – выключены)



Рис. 4. Стендовые испытания магнитного активатора топлива

При проведении стендовых испытаний активированного дизельного топлива на двигателе ММЗ Д-240 зафиксировано снижение расхода топлива около 7 %, а снижение выбросов более 15 % по дымности отработавших газов. [5, 8].

Заключение

Правильный выбор и использование магнитотропных параметров активатора способствуют улучшению экономических и потребительских характеристик углеводородных топлив. Это открывает новые возможности для оптимизации процессов сгорания и повышения энергетической эффективности топлива.

Таким образом, наша главная задача заключается в успешной разработке и внедрении магнитного активатора в системы топлива для двигателей внутреннего сгорания. Мы также стремимся предоставить производственным заводам соответствующую документацию, которая поможет им оптимизировать процессы и повысить эффективность работы двигателей. Наша команда полностью нацелена на достижение этих целей и постоянно работает над совершенствованием технологий и инноваций в области магнитной активации топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пивоварова Н. А. Интенсификация процессов переработки углеводородного сырья воздействием постоянного магнитного поля: дис. ... докт. техн. наук: 05.17.07 / Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И. М. Губкина. — М., 2005. — 361 с
2. Помазкин В. А. Неспецифические воздействия физических факторов на объекты биотехносферы: монография. — Оренбург, ОГУ, 2001. — 340 с.
3. Лоскутова Ю. В. Влияние магнитного поля на реологические свойства нефти: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.13. — Томск, 2003. — 138 с. — РГБ ОД, 61:04-2/441.
4. Постников В. В. Фазовые и структурные превращения в диамагнитных материалах после воздействия слабых магнитных полей: автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. — Воронеж, 2004. — 45 с
5. Карлюк А. П., Щурин К. В., Паныш Ю. Н. Прикладные методы магнитной активации жидких диамагнетиков // Сборник научных статей 12-й Международной научно-практической конференции / Современные материалы, техника и технология — Курск -2022. — С. 427–433
6. Карлюк А. П., Карлюк И. П., Щурин К. В. Ультразвуковой метод повышения теплотворной способности топлив для дизельных двигателей внутреннего сгорания // Сборник научных статей 7-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием / «Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении» — Курск. — 2022. — № 7. — С. 78–93.
7. Влияние электромагнитного воздействия на показатели топлива и характеристики автомобильных двигателей внутреннего сгорания / Ю. В. Галышев и др. // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. — № 2 (171). — 2013. — С. 61–67.
8. Щурин, К. В., Цветкова Е. В. Использование магнитного активатора топлива для улучшения энергетических и экологических показателей ДВС // «Грузовик. Транспортный комплекс. Спецтехника» — № 9. — 2011. — С. 27–32.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СЕМЯН РАПСА В КАМЕРЕ СМЕШИВАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ДРАЖИРАТОРА

Д. А. МИХЕЕВ, А. А. СЫСОЕВ

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

(Поступила в редакцию 15.04.2024)

В настоящее время возделывание такой сельскохозяйственной культуры как рапс приобретает все больший интерес. Это связано с тем, что эта культура обладает высоким сельскохозяйственным потенциалом. Стоимость семян рапса ежегодно находится на высоком уровне, что стимулирует производителей к совершенствованию технологии возделывания этой культуры для получения большего урожая. Для получения высокого урожая необходимо использовать семена с высоким посевным потенциалом. Предпосевная обработка семян рапса значительно влияет на получаемый урожай. Современным способом предпосевной обработки семян рапса является дражирование. Дражирование позволяет получить разносторонний положительный эффект. Это защита от болезней и вредителей, а также начальная подкормка растения необходимыми микро и макроэлементами. В развитых странах дражирование является обязательным этапом в подготовке семян рапса. В Республике Беларусь при производстве посевного материала проводится только протравливание семян. Для получения дражированных семян необходимо использовать специализированное оборудование, которое называется дражираторами.

В учреждении образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» проводятся научные исследования по совершенствованию и оптимизации конструкции отечественного центробежного дражиратора. Кроме этого, ведется научная работа по подбору химических составов для создания дражированных семян.

В статье представлены научные исследования оценки движения семян рапса в камере смешивания дражиратора. Полученные данные позволяют провести оптимизацию камеры смешивания дражиратора и подвижного днища, а также определить режимы его работы при дражировании рапса. В последующем это даст возможность создать более совершенный и дешевый дражиратор семян, который будет запущен в серийное производство с последующей реализацией в хозяйства страны.

Ключевые слова: рапс, дражиратор семян, камера смешивания, подвижное днище, движение семян.

Currently, the cultivation of an agricultural crop such as rapeseed is gaining increasing interest. This is due to the fact that this crop has high agricultural potential. The cost of rapeseed seeds is annually at a high level, which encourages producers to improve the technology of cultivating this crop to obtain a larger yield. To obtain a high yield, it is necessary to use seeds with high sowing potential. Pre-sowing treatment of rapeseed seeds significantly affects the resulting yield. A modern method of pre-sowing treatment of rapeseed is pelleting. Pelleting allows you to get a versatile positive effect. This is protection from diseases and pests, as well as initial feeding of the plant with necessary micro- and macro-elements. In developed countries, pelleting is a mandatory step in the preparation of rapeseed. In the Republic of Belarus, during the production of seed material, only seed treatment is carried out. To obtain pelleted seeds, it is necessary to use specialized equipment called pelleters.

The educational institution "Belarusian State Agricultural Academy of the Order of the October Revolution and the Red Banner of Labor" is conducting scientific research to improve and optimize the design of the domestic centrifugal seed coater. In addition, scientific work is underway to select chemical compositions for creating pelleted seeds.

The article presents scientific research into assessing the movement of rapeseed seeds in the mixing chamber of a coating machine. The data obtained will make it possible to optimize the mixing chamber of the pelleting machine and the moving bottom, as well as to determine its operating modes when pelleting rapeseed. In the future, this will make it possible to create a more advanced and cheaper seed coating machine, which will be put into mass production with subsequent sale to the country's farms.

Key words: rapeseed, seed coater, mixing chamber, movable bottom, seed movement.

Введение

Основой для получения высокого урожая хорошего качества является использование для посева качественных семян. Качество семян складывается из их генетических особенностей и подготовки к посеву. Подготовка к посеву в свою очередь включает в себя целый комплекс процедур, таких как очистка, сортировка, скарификация, протравливание, инкрустация, дражирование, барботирование и др. Для каждой культуры перечень необходимых процедур выбирается индивидуально с учетом технологии выращивания, особенностей семян, погодных условий и других условий.

Для получения высокого урожая хорошего качества необходимо использовать современные, высокоэффективные способы предпосевной обработки семян. Одним из таких способов для семян рапса является способ создания искусственной оболочки на поверхности семян – дражирование.

Технология создания искусственных оболочек на поверхности семян (инкрустирование и дражирование) имеет большой потенциал в повышении урожайности многих сельскохозяйственных культур. Недостаток микро- и макроэлементов в почве компенсируется искусственным их нанесением на

поверхность семян. Наиболее актуальна такая обработка для семян, имеющих небольшую норму высева, таких как рапс, свекла, кукуруза и др. Учитывая то, рапс является основной масличной культурой Республики Беларусь и площади под посевы рапса составляют более 300 000 га можно говорить о том, что возделывание рапса в нашей стране имеет стратегическое значение. А повышение качества отечественных семян, и как следствие урожайности, является приоритетным направлением для сельского хозяйства Республики Беларусь [1].

Отечественные сельхозпроизводители используют для посева рапса как импортные семена гибридов, так и отечественные сорта, причем доля отечественных семян в возделывании рапса составляет около 70 %. Однако стоит отметить, что стоимость импортных гибридов семян рапса значительно выше стоимости семян отечественных сортов. Также нужно отметить, что импортные семена зачастую дают больший урожай, чем отечественные, но это не всегда связано с лучшей генетикой этих семян. Импортные семена поставляются к нам в страну в дражированном виде. Западные производители подбирают оптимальный состав оболочки семян, который повышает урожайность и увеличивает их жизнеспособность [2].

Семена отечественных производителей используются в хозяйствах нашей страны в необработанном виде, или только протравленные. Инкрустация и дражирование семян рапса в промышленных объемах в нашей стране не производится. Это связано с отсутствием оборудования для создания искусственных оболочек на поверхности семян, недостаточными исследованиями химического состава питательной оболочки и отсутствием четких рекомендаций по процедуре дражирования или инкрустации.

Учитывая вышесказанное можно сделать вывод о том, что создание собственных дражированных семян рапса позволит увеличить урожайность этой культуры без значительных затрат, а также это будет способствовать замещению импортных семян на отечественном рынке. Разработка рекомендаций по дражированию семян рапса приведет к снижению их стоимости и откроет новые возможности по экспорту улучшенных семян.

В УО БГСХА был разработан экспериментальный дражиратор семян позволяющий применять способ постепенного наслаивания оболочки и создавать дражированные семена различных сельскохозяйственных культур. На экспериментальном дражираторе были получены дражированные семена сахарной свеклы, рапса и др. культур [3, 4, 5]. Наибольший интерес на сегодняшний день в условиях Республики Беларусь проявляется к дражированию отечественных семян рапса. Эта культура является стратегической для сельского хозяйства нашей страны, кроме этого, в хозяйствах страны в основном используются отечественные семена в необработанном виде, или только протравленные. Посевной потенциал таких семян можно значительно увеличить за счет дражирования и получить весомую прибавку к урожаю [6].

Для получения качественных дражированных семян в дражираторе необходимо определить оптимальные конструктивно-технологические параметры и режимы его работы. Кроме этого, в процессе эксплуатации оборудования необходимо проводить эргономические изменения и его оптимизацию.

В ходе теоретических исследований [7, 8] были установлены законы движения семенного материала по коническому дну камеры смешивания и по цилиндрическому корпусу. Эти закономерности позволили моделировать процесс движения по этим элементам. Однако для подтверждения теоретических исследований необходимо провести экспериментальные исследования с учетом особенностей семян различных культур.

Целью настоящей работы является изучение процесса движения семян рапса в камере смешивания центробежного дражиратора на разных режимах работы, для определения рабочих поверхностей днища и цилиндрической поверхности камеры смешивания. Данные исследования позволят определить оптимальные размеры камеры смешивания дражиратора и режимы его работы при получении дражированных семян рапса.

Основная часть

Нами предлагается экспериментальный метод определения параметров рабочих элементов камеры смешивания дражиратора при дражировании семян рапса. В качестве объекта исследования были выбраны семена рапса без обработки и дражированные семена рапса, полученные непосредственно в процессе формирования оболочки.

Эксперименты по исследованию процесса движения семян внутри камеры смешивания проводили на экспериментальном дражираторе, разработанном в УО БГСХА [9]. Конструктивные параметры камеры смешивания данного дражиратора следующие: диаметр камеры смешивания $D = 0,515$ м (радиус $R = 0,2575$ м), угол наклона образующей конуса подвижного днища $\theta = 50^\circ$, диаметр меньшего

основания днища $d = 0,335$ м (радиус $r = 0,1675$ м.), высота днища $h = 0,073$ м, материал камеры смешивания нержавеющая сталь марки 14X17Н2.

Объем подвижного днища определяли по зависимости:

$$V_{\text{днища}} = \frac{1}{3}\pi h(R^2 + rR + r^2). \quad (1)$$

Подставляя значения получили:

$$V_{\text{днища}} = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,073(0,2575^2 + 0,1675 \cdot 0,2575 + 0,1675^2) = 0,01 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Учитывая предельный объем днища дражироватора, максимальное количество загружаемых в камеру смешивания семян составило $0,01 \text{ м}^3$. При проведении исследований шаг варьирования загружаемой порции семян был выбран $0,001 \text{ м}^3$.

Для изучения процесса движения семян и семенного драже внутри камеры смешивания на ее внутренней стенке и наклонной части подвижного днища были закреплены измерительные шкалы. Точкой отсчёта была выбрана линия соприкосновения подвижного днища и неподвижной стенки камеры смешивания, а измерение показателей выполнялось в противоположные стороны (рис. 1 а).



Рис. 1. а) Общий вид шкал, б) Движение семян внутри камеры смешивания:
1 – Шкала высоты подъёма на стенке камеры смешивания; 2 – Шкала длины образующей конуса подвижного днища

В процессе исследований в рабочую камеру дражироватора постепенно загружались порции семян рапса объёмом от $0,001$ до $0,01 \text{ м}^3$. Далее подвижное днище камеры смешивания приводилось во вращательное движение с фиксированными значениями угловой скорости. Было установлено, что в результате движения семена взаимодействуя с подвижным днищем, перераспределяются к периферии подвижного днища, поднимаются по конической части днища и увлекаются во вращательное движение вдоль стенки камеры смешивания.

Измерение высоты подъёма семян по внутренней стенке камеры смешивания и определение рабочей длины образующей конуса подвижного днища проводили во время установившегося движения потока семян (рис. 2 а) по шкалам, закреплённым на стенке камеры смешивания и днище.

Для измерения применялась следующая методика. Во время установившегося движения потока семян, маркером отмечалась нижняя граница потока (рис. 2 а), далее семена выгружались из камеры смешивания, подвижное днище останавливалось, и по следу маркера на шкале 2 (рис. 2 б) отсчитывалась длина, занимаемая семенами в процессе движения.

По аналогичной методике проводились исследования движения дражированных семян в камере смешивания. Все измерения проводились в трёхкратной повторности, усреднённые результаты представлены в табл. 1 и 2.



а)

б)

Рис. 2. Измерение рабочей длины образующей конуса подвижного днища

Таблица 1. Результаты измерений высоты подъёма семян по стенке и днищу камеры смешивания (мм)

Объём	0,001 м ³		0,002 м ³		0,003 м ³		0,004 м ³		0,005 м ³		0,006 м ³		0,007 м ³		0,008 м ³		0,009 м ³		0,01 м ³		
	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	31	38	48	67	63	84	67	102	75	110	83	113	90	113	95	114	101	115+*	113	115+	
15	36	28	53	45	69	59	71	72	79	82	90	89	98	97	104	103	110	109	115	113	
20	38	27	54	42	71	53	76	64	85	71	94	79	102	86	108	93	114	99	119	103	
25	38	27	56	41	71	52	78	59	86	67	96	73	104	80	111	86	117	92	122	97	
30	38	26	57	40	72	48	79	55	88	62	98	70	106	76	112	83	118	90	123	95	
35	38	26	58	39	72	47	81	54	90	60	100	66	108	73	114	80	120	87	125	94	
40	39	26	59	39	72	47	82	53	92	59	102	64	109	71	115	78	121	85	126	92	
45	39	25	60	38	72	47	84	53	93	58	102	63	110	68	116	75	122	84	128	90	
50	41	24	61	37	73	45	86	50	95	56	104	62	111	67	118	73	124	82	130	90	

Таблица 2. Результаты измерений при движении семенного драже (мм)

Объём	0,001 м ³		0,002 м ³		0,003 м ³		0,004 м ³		0,005 м ³		0,006 м ³		0,007 м ³		0,008 м ³		0,009 м ³		0,01 м ³		
	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	стенка	днище	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	29	38	39	63	48	99	55	113	62	115	67	115+*	70	115+	77	115+	80	115+	85	115+	
15	33	33	46	43	59	53	70	58	81	69	81	77	88	79	95	94	100	100	105	104	
20	35	29	50	38	62	51	72	58	88	58	88	69	94	77	100	91	107	93	113	99	
25	36	27	52	38	64	48	74	58	89	55	90	65	98	74	105	85	111	92	117	96	
30	36	27	54	38	64	48	74	53	91	51	93	58	100	67	110	83	114	86	119	94	
35	38	25	55	36	66	48	74	53	93	48	94	57	105	65	112	79	117	84	123	91	
40	38	25	56	36	67	46	75	48	95	46	99	56	108	63	114	77	118	83	125	90	
45	39	24	56	37	69	45	75	48	96	44	100	53	108	63	114	77	121	87	125	89	
50	40	23	58	38	69	45	75	48	98	43	101	50	110	62	116	74	121	83	127	84	

* знак «+» означает что часть семян находятся на горизонтальной части днища

Представив полученные результаты, в графическом виде получим рис. 3, 4.

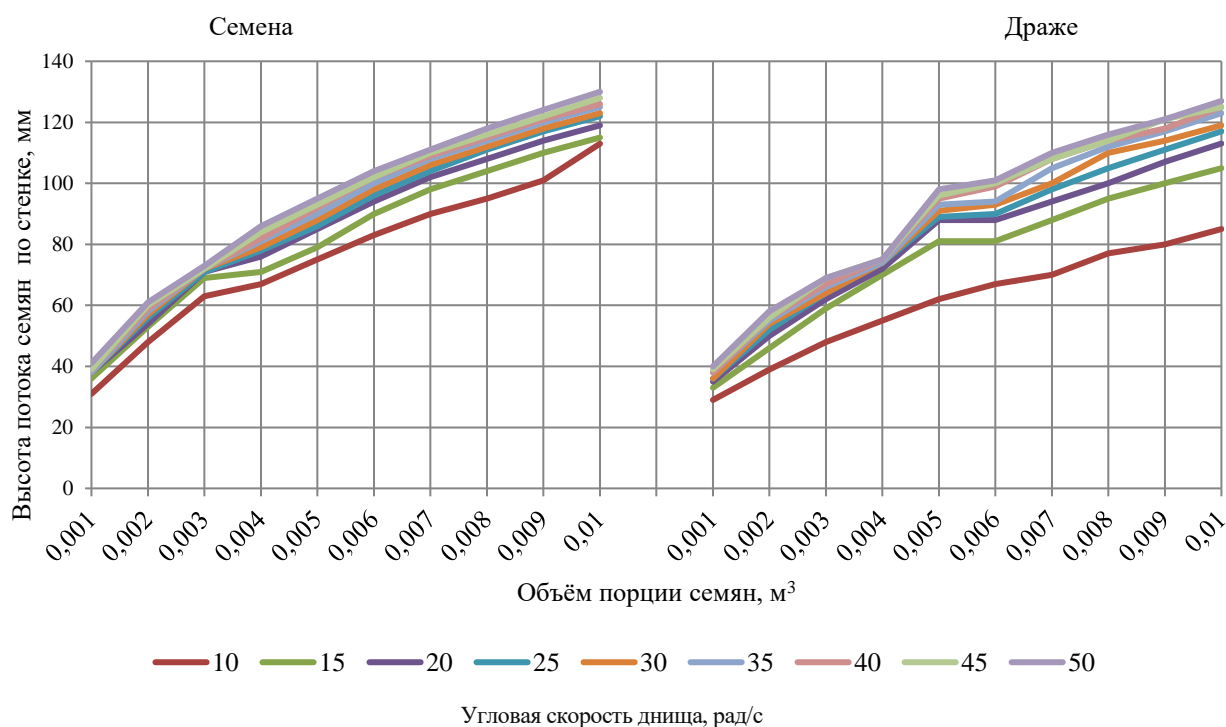


Рис. 3. График зависимости высоты подъема семян по стенке камеры смешивания от загрузки и угловой скорости дна

Анализируя графики зависимости высоты подъема семян и драже, можно сделать следующий вывод: нестабильность поведения потока семян при движении наблюдается при малой угловой скорости дна (10 и 15 рад/с), на других частотах поток стабилен и не зависит от загруженной порции семян. При рассмотрении движения потока дражированных семян на всех частотах вращения дна наблюдается постепенное увеличение высоты подъема семян с небольшими колебаниями скорости изменения высоты подъема семян, особенно выраженной при загрузке в камеру смешивания 0,004...0,006 м³ драже, что связано с увеличением массы семян и, как следствие, более выраженном влиянии сил инерции и перераспределении потока по массе. Максимальная высота подъема семян и драже по стенке камеры смешивания составляет 130 мм.

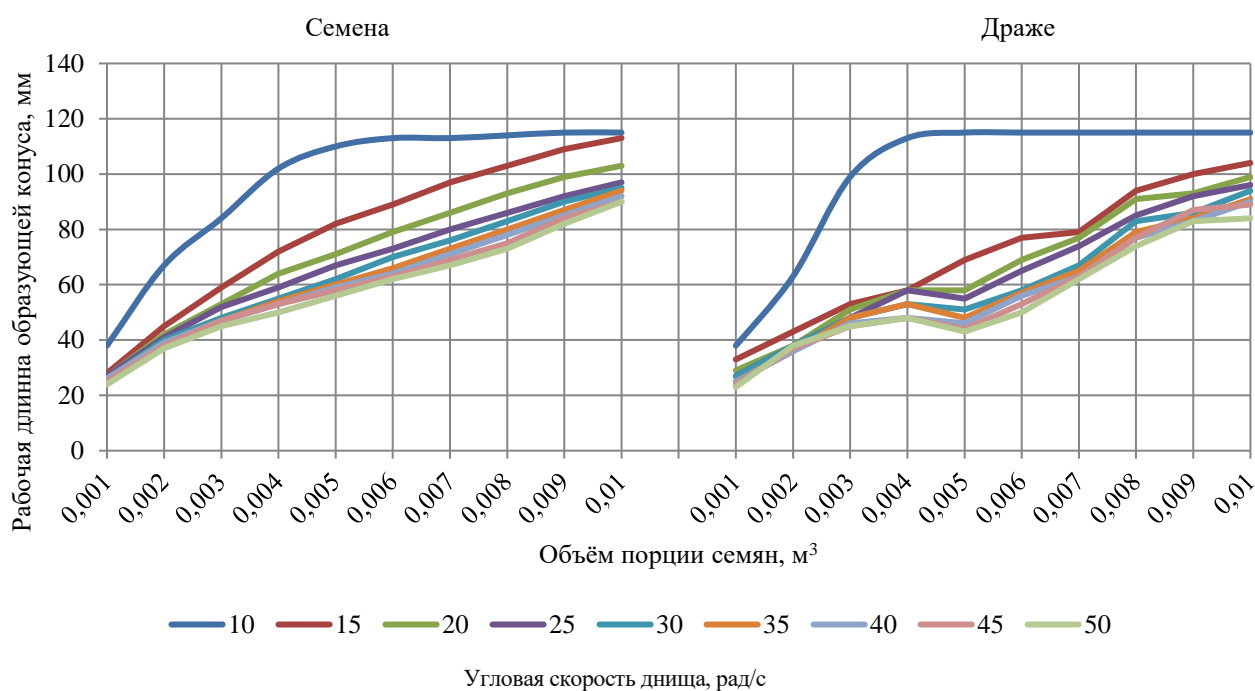


Рис. 4. График изменения рабочей длины образующей конуса дна от загрузки и угловой скорости

Схожий характер зависимостей движения прослеживается и при анализе графических зависимо-

стей движения семян по днищу дражиратора. Анализируя движение семян по конусной части днища, можно отметить стабильное поведение потока семян при изменении угловой скорости вращения, при этом высота занятого конуса потоком семян при угловой скорости 30...50 рад/с практически не изменяется. При угловой скорости днища до 15 рад/с поток семян и драже нестабилен. При анализе графика движения дражированных семян по конусной части камеры смешивания наблюдается колебания скорости изменения рабочей длины образующей конуса при загрузке в камеру дражированных семян от 0,004 до 0,0055 м³ при разной угловой скорости вращения. Это связано с перераспределением потока по массе и ростом толщины слоя драже в движущемся потоке. Также установлено, что при загрузке в камеру смешивания дражированных семян объемом более 0,008 м³ происходит значительное увеличение толщины слоя семян на рабочей поверхности конуса, при этом рабочая длина образующей конуса подвижного днища практически не изменяется. Максимальная рабочая длина образующей конуса днища при этом не превышает 85 мм.

Заключение

При проведении исследований было установлено, что для дражиратора семян с диаметром камеры смешивания 0,515 м., углом наклона образующей конуса подвижного днища 50° выполненного из нержавеющей стали рабочая длина образующей конуса подвижного днища составляет 85 мм. Порция семян в камере смешивания дражиратора объемом более 0,008 м³ образует слишком толстый слой движущихся семян, который не способствует равномерному созданию оболочки на поверхности семян. При угловых скоростях днища менее 15 рад/с поток семян ведет себя нестабильно. Максимальная высота подъема семян по цилиндрической поверхности камеры смешивания не превышает 130 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михеев Д. А. Дражирование семян сахарной свеклы центробежным дражиратором с лопастным отражателем: монография; под ред. Д. А. Михеева. – Горки, 2017. – 180 с.
2. Сысоев А. А., Михеев Д. А. Создание искусственных оболочек как путь к повышению посевного потенциала отечественных семян // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сборник научных трудов: редкол.: В. В. Гусаров (гл. ред) и др. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7 – С. 267–271.
3. Михеев Д. А., Исаченко В. Н. Инкрустирование семян рапса минеральным составом на основе трепла с добавлением бора // Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад. – 2021. – № 3. – С. 176–180.
4. Петровец В. Р., Михеев Д. А., Гнилозуб В. П. Эффективность дражирования семян сахарной свеклы в центробежном дражираторе // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2020. – Т. 58. – № 3. – С. 364–372.
5. Петровец В. Р., Михеев Д. А. Результаты полевых исследований дражированных семян гречихи органическими удобрениями на основе гуминовых кислот с обоснованием конструктивно-технологических параметров центробежного дражиратора с лопастным отражателем // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2018. – Т. 56. – № 3. – С. 357–365.
6. Михеев Д. А., Исаченко В. Н. Исследование посевных качеств инкрустированных семян рапса, полученных в центробежном дражираторе с лопастным отражателем // Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад. – 2020. – № 2. – С. 144–147.
7. Червяков А. В., Курзенков С. В., Михеев Д. А. Динамика движения семенного материала по неподвижной цилиндрической части камеры дражиратора // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №4. – С. 123–128.
8. Червяков А. В., Курзенков С. В., Михеев Д. А. Изучение динамики движения семенного материала по вращающейся конической части камеры дражиратора // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №2. – С. 131–137.
9. Дражиратор семян: пат. 22754 Респ. Беларусь. МПК А 01С 1/06/ Д. А. Михеев; заявитель Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия». – № а 20170449; заявл. 2017.11.30; опубл. 2019.06.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. Центр інтэлектуал. уласнасці. – 2019. – № 5. – С. 158.

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КРУГОЗОР

УДК 378

АКТИВИЗАЦИЯ ВОСПИТАТЕЛЬНОГО КОМПОНЕНТА В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

О. М. АСТАХОВА

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

(Поступила в редакцию 11.03.2024)

В статье рассматриваются аспекты воспитания патриотизма, волевых качеств личности с опорой на произведения великого педагога Антона Семеновича Макаренко, такие как «Педагогическая поэма», «Флаги на башнях», «Книга для родителей».

Ключевые слова: *воспитание, коллектив, труд, формирование, патриотизм, волевые качества.*

The article examines aspects of the education of patriotism, strong-willed personality traits, based on the works of the great teacher Anton Semenovich Makarenko, such as “Pedagogical Poem”, “Flags on the Towers”, “Book for Parents”.

Key words: *education, team, labor, formation, patriotism, volitional qualities.*

В постановлениях министерства образования, на августовском республиканском семинаре учителей и других совещаниях особое внимание обращено усилению воспитательного компонента учащихся и студентов. Кризисные социальные процессы, происходящие в обществе, сильно влияют на морально-этические и духовно-нравственные стороны личности молодых людей, о чем неоднократно отмечалось на совещаниях различного уровня.

С целью формирования высокой социальной ответственности у молодых граждан Беларуси разработаны и применяются различные формы гражданского, духовно-нравственного и патриотического воспитания.

Главой нашего государства А. Г. Лукашенко поставлена задача разработать государственную программу патриотического воспитания населения. Об этом говорилось на Всебелорусском народном собрании, где неоднократно отмечалось, что в формировании мировоззрения граждан ведущая роль принадлежит системе образования на всех ее уровнях. Работа в данном направлении ведется уже в рамках диалоговых площадок, встречах со студентами и учащимися и т.д. Сегодня четко определилась потребность формирования нового педагогического мышления, систематизации деятельности педагогов по идеологическому воспитанию обучающихся.

Современный педагог является носителем идеологических и нравственных ценностей общества. Воспитанием патриотизма у молодых людей может заниматься авторитетный преподаватель, имеющий высокий моральный статус в коллективе учащихся и коллег. Педагогический авторитет преподавателя – это своеобразная форма дисциплины. Уровень авторитета определяется глубиной знаний, эрудицией, педагогическим мастерством и отношением к работе. Воспитание патриотического, духовно-нравственного в образовательном процессе базируется прежде всего на получении качественного образования, благодаря которому молодой человек сможет быть успешным в своей стране. Выдающийся русский писатель и публицист Н.Г. Чернышевский по этому поводу писал, что образование включает в себя три качества: обширные знания, привычку мыслить и благородство чувств. Через формирование этих качества можно воспитать гражданскую и социальную ответственность молодых людей и их патриотизм.

Существует много определений этого понятия, обобщенно можно его определить так: Патриотизм – прежде всего это любовь к своей Родине, семье, народу, обычаям и традициям своей страны, когда ты не просто живешь в ней, но и пытаешься сделать что-нибудь для нее полезное и поддерживаешь ее во всем.

К сожалению, как в школьные, так и студенческие годы не научили многих выпускников владеть своей волей, не определили принципов морали, на которых должна формироваться личность специалиста, чтобы подняться над своей косностью, научиться творить добро и обрести в этом величайшую радость. Недавние события августа 2020 года явились подтверждением данного пробела в воспитании молодежи.

Потенциальное стремление вернуть общество в лоно нравственности и подлинных ценностей неминуемо сталкивается с необходимостью насилия в процессе обучения и воспитания, и особое место в этом механизме принадлежит волевому началу в молодом человеке. Именно оно занимает особое место в непрерывном самовоспитании и самообразовании человека, является в современном мире необходимым условием выживания. Без воли нет человеческой личности. Эмоциональные, интеллектуальные, физические силы действуют собранно, если они дисциплинированы волей.

Несомненно, волевые качества человека должны формироваться с самого раннего детства. Когда-то это происходило естественным образом, каждый ребенок в семье имел свои обязанности. На их выполнение требовалось приложить усилие, проявить волю, человек учится преодолевать трудности. Особое внимание формированию волевых качеств в человеке придавал выдающийся педагог А.С. Макаренко. Макаренко и его педагогические идеи применимы и в наши дни, они адаптивны под систему любой власти. Его выдающиеся труды «Педагогическая поэма», «Флаги на башнях», «Книга для родителей» и многие другие переведены на многие языки мира. Хочется заметить, что во многих странах необходимым условием педагогической деятельности является глубокое знание основных положений теории и практики А.С. Макаренко. Это единственный человек и педагог в мире, который создал свою систему воспитания и проверил ее эффективность на практике.

«Я во всю жизнь не прочитал столько педагогической литературы, сколько зимою 1920 года. ... У меня главным результатом этого чтения была крепкая и почему-то вдруг основательная уверенность, что в моих руках никакой науки нет и никакой теории нет, что теорию нужно извлечь из всей суммы реальных явлений, происходящих на моих глазах. ... Всем своим существом я чувствовал, что мне нужно спешить, что я не могу ожидать ни одного лишнего дня. Колония все больше и больше принимала характер «малины» – воровского притона, в отношениях воспитанников и воспитателей все больше определялся тон постоянного издевательства и хулиганства. ...» (1. С. 15). Не наблюдаем ли мы и сегодня таких негативных явлений в отношении воспитанников и воспитателей? Тогда причиной многих негативных явлений в воспитательном процессе были голод и холод. Почему сейчас молодежь проявляет агрессивность и по отношению к педагогам, и между собой. Теперь от сытой жизни? Только подумать, – с ножом на учителя и на своих одноклассников! Великий педагог Антон Семенович Макаренко нашел путь к сердцу своих воспитанников, через упорное формирование волевых качеств воспитанников и уважение с огромным доверием (это к детям с ярлыком «малолетние преступники»). Надо заметить, что из воспитанников А. С. Макаренко большинство стали педагогами.

Антон Семенович Макаренко практик, публицист и просто неординарный человек. Родился он в 1988 году, на территории Харьковской Губернии, жил и трудился близ Полтавы, работал на первых порах учителем, а затем директором колонии для несовершеннолетних детей, которые были направлены туда за различные проступки в постреволюционный период. Является автором книг «Педагогическая поэма», «Книга для родителей», «Флаги на башнях» и многих других.

Педагогическая поэма – наиболее значительное произведение А. С. Макаренко. Педагог прибывает под Полтаву, чтобы организовать трудовую колонию для детей: беспризорников и уголовников. Перед ним стоит непростая задача – перевоспитать несовершеннолетних правонарушителей. И он с ней справляется.

Флаги на башне. Оставшиеся после революции и кровопролитной гражданской войны сироты и беспризорники часто становились «несовершеннолетними правонарушителями», и для их «перевоспитания» создавались колонии. А. С. Макаренко писал: «... я хотел изобразить тот замечательный коллектив, в котором мне посчастливилось работать, изобразить его внутренние движения, его судьбу, его окружение». Именно коллектив тогда давал «малолетнему преступнику» возможность снова ощутить себя хорошим, достойным человеком, получить образование, освоить профессию. Ключевой здесь оказалась фигура воспитателя, его способность создать в группе растерянных и «испорченных» детей нужный настрой. Литературное творчество замечательного педагога позволяет составить впечатление о масштабах и методах этой работы.

Книга для родителей. Автор размышляет над вечными вопросами воспитания: как привить детям доброту, уважение к старшим, чувство собственного достоинства, волевые качества, любовь к Родине.

Теплый дом. В двухтомник входят повести, посвященные жизни ребят в детских домах и интернатах с самого начала существования Советского государства и до наших дней. Каждое произведение сопровождается педагогическим комментарием.

Человек должен быть счастливым. Педагогика Макаренко максимально ориентирована на воспитание. Различным составляющим именно воспитания (не образования!), его факторам, условиям, критериям воспитанности посвящены многие страницы книги. Работы Макаренко о семейном воспитании вызовут желание задуматься о своем отношении к детям, к самим себе как родителям, раскроют истоки родительского авторитета, помогут лучше понять причины достижения одними успеха и счастья, а другими - краха и разочарований.

Основными идеями теории воспитания Макаренко являлись следующие подходы:

**воспитание в коллективе и через коллектив,
воспитание трудом,
воспитание в семье,
воспитание в игре.**

Его система была направлена на интеграцию воспитания и образования с трудовой деятельностью. Ведущей идеей для педагогических взглядов А. С. Макаренко было воспитательный коллектив. В результате педагогического процесса у обучающихся формируются определенные нормы и взаимоотношения, присущие человеческому коллективу. Дети связаны общими целями в воспитательном коллективе. Педагог подчеркивал, что коллектив – это социальный организм, «целеустремленный комплекс личностей». Взаимодействие членов коллектива служит благоприятной средой для развития личности. Коллектив помогает подростку адаптироваться в социуме, почувствовать себя его частью.

Наверное, и нам, современным педагогическим работникам, следует еще раз проанализировать, а может кому-то и познакомиться с теорией и практикой воспитания А. С. Макаренко. Начать можно и с просмотра документальных фильмов соответствующих названий. Они есть в интернете.

Цитаты А. С. Макаренко

О воспитании

Воспитывает все: люди, вещи, явления, но прежде всего и дольше всего – люди. Из них на первом месте – родители и педагоги.

Воспитывая детей, нынешние родители воспитывают будущую историю нашей страны, а значит – и историю мира.

Только живой пример воспитывает ребенка, а не слова, пусть самые хорошие, но не подкрепленные делом.

Воспитательный процесс – процесс постоянно длящийся, и отдельные детали его разрешаются в общем тоне семьи, а общий тон нельзя придумать и искусственно поддерживать. Общий тон, дорогие родители, создается вашей собственной жизнью и вашим собственным поведением.

Раньше, чем вы начнете воспитывать своих детей, проверьте ваше собственное поведение (4).

Хорошее в человеке приходится проектировать, и педагог это обязан делать, – многократно подчеркивает А. С. Макаренко в своих выступлениях.

Наследие Макаренко – это уникальнейший в истории мировой педагогики итог органического совмещения длительной и успешной практической, научной, педагогической работы, теоретической деятельности в педагогике, а также художественного и эстетического освоения педагогической действительности.

Выдающийся педагог очень близко подошел к воспитательному процессу и развитию целостной человеческой личности в гармоничной связи трех ее главных составляющих: практического и волевого, эмоционального и эстетического, интеллектуального и научного. И хотя некоторые исследователи отмечают, что опыт А. С. Макаренко нельзя переносить на сегодняшний образовательно-воспитательный процесс, так как сейчас другие времена и другие ценности, но мы понимаем, что его педагогические идеи останутся актуальными на любом этапе развития педагогической науки и практики.

Да, в сравнении с двадцатыми и тридцатыми годами 20 века изменилось многое: материальные блага улучшились, но нравственность моральные качества вслед не шагнула, а даже и сильно отстала от роста материальных благ. Надо признать, что мы, взрослые, все меньше справляемся с воспитанием нашего молодого поколения. И большую роль в этом несет негативное влияние получаемой информации детьми из телевидения и интернета. Надо согласиться с высказыванием актера Дмитрия Певцова: «...ни хороших патриотических фильмов, ни душевной музыки, ни песен.... Почти все, что молодежь видит и слышит направлено на растление души». Мы подошли к тому рубежу, когда нельзя молчать о

том, чем наполняют души наших детей с экранов различных форматов, убирают потихоньку классические произведения из школьных программ, заменяя на современные, порой примитивные произведения. Что же будет дальше и что делать? Вопрос в педагогике опять остается открытым, как и во времена А. С. Макаренко. Учиться большинство детей не хотят, да и жениться тоже. По нашему мнению, настало время ум приводить в порядок с помощью математики. Да, да! Как только кто-то определил, что биологам и историкам не нужна математика, кривая безграмотности пошла вверх. Ведь проведенные экспериментальные исследования подтверждают многократно о положительном влиянии знания математики на усвоение всех дисциплин, в том числе и социально-гуманитарного цикла.

Таким образом, налицо проблема пробелов в воспитании патриотических и нравственно-этических норм и качеств как молодежи, так и взрослых, решается она уже и на государственном уровне, но далека от положительных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаренко, А. С. Педагогические сочинения. – М.: Педагогика, 1986. – Т. 7.

2. Ширяев, В. А. Камни с дороги надо убирать. – М.: Молодая гвардия, 1990.

3. Макаренко, А. С. Педагогическая поэма. – Минск: Народная асвета, 1982.

4. Воспитательная система Макаренко, основные принципы метода и роль воспитателя в системе [Электронный ресурс].

Режим доступа: <http://rearchildren.ru/metodiki/vospitatelnaja-sistema-makarenko/>

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ (Mn, Mo, Zn, I) В ЖЕЛТОЗЕМНО-ГЛЕЕВЫХ ПОЧВАХ ЛЕНКОРАНСКОЙ СУБТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЫ И ИХ МИГРАЦИЯ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ (АЗЕРБАЙДЖАН)

А. Б. АХУНДОВА, Ш. Д. САЛИМОВА, Т. И. ЕЛМАРЛЫ

Институт Почвоведения и Агротехники,

г. Баку, Азербайджан, e-mail: axundova41@mail.ru, sh.salimova@rambler.ru, terlan.yelmarli099@gmail.com

(Поступила в редакцию 15.04.2024)

Учитывая требования большей информации в современных исследованиях о возникших экологических вопросах, в том числе и о региональных особенностях содержания и миграция микроэлементов Mn, Mo, Zn, I в почвах и накопления их в растениях Ленкоранской субтропической зоны Азербайджана, их обмена в системе почва-растение считается весьма актуальной задачей. Поводом для исследований в этом направлении послужило отсутствие информации вышеуказанных микроэлементов в псевдоподзолистых желтоземно-глеевых почвах в этой зоне. В этих почвах валовое содержание Mn, Mo, Zn и I ниже среднего (Кларк) значений для почвы и отмечается заметное уменьшение величины их вниз по почвенному профилю. Подвижные формы исследуемых микроэлементов, так же, уменьшается с глубиной.

Величина коэффициента подвижности марганца, молибдена, цинка и йода в этих почвах имеет различные значение и такое явление можно объяснить, легким механическим составом и кислой реакцией среды.

В наших исследованиях представлены различные древесные растения (дуб, железное дерево, фейхоа, чай) приуроченные к месту закладки разрезов. Как показывает наши исследования, в почве при равнозначном количестве содержания микроэлементов, в растение поступает разное количество этих микроэлементов, так же, листья одного и того же растения, содержат исследуемых микроэлементов больше, чем ветви. Необходимо отметить, что, высокой концентрацией этих элементов, обладает повышенными показателями коэффициента биологического поглощения (КБП).

Ключевые слова: *микроэлементы, почва, растения, подвижность, концентрация, аккумуляция.*

Considering the requirements for more information in modern research on emerging environmental issues, including regional characteristics of the content and migration of microelements Mn, Mo, Zn, I in soils and their accumulation in plants of the Lankaran subtropical zone of Azerbaijan, their exchange in the soil-plant system is considered a very pressing issue.

The reason for research in this direction was the lack of information on the above-mentioned microelements in pseudo-podzolic yellow earth-gley soils in this zone. In these soils, the gross content of Mn, Mo, Zn and I is below the average (Clark) values for the soil and there is a noticeable decrease in their value down the soil profile. The mobile forms of the studied microelements also decrease with depth.

The mobility coefficient of manganese, molybdenum, zinc and iodine in these soils has different values and this phenomenon can be explained by the light mechanical composition and acidic reaction of the environment.

As our research shows, with an equal amount of microelements in the soil, the plant receives different amounts of these microelements; also, the leaves of the same plant contain more of the studied microelements than the branches. It should be noted that a high concentration of these elements has a high coefficient of biological independence.

Key words: *microelements, soil, plants, mobility, concentration, accumulation.*

Введение

Современные исследования требуют большей информации о возникших экологических вопросах, в том числе и о региональных особенностях содержания микроэлементов в почвах и накопления их в растениях.

В начале XX века В. И. Вернадский в своих исследованиях указал, что входящие в состав живых организмов микроэлементы, кроме геохимической роли, играют также биохимическую и физиологическую роль. А. П. Виноградов, проводя исследования химического состава почв, углубил и развил эти идеи о тесной взаимосвязи микроэлементов и живых организмов. Без присутствия в организмах микроэлементов не может быть и речи о нормальной функции растений, животных и человека. Поэтому изучение содержания микроэлементов в почвах, в растительных организмах следует считать основной задачей на пути исследований микроэлементов [2, 3].

С этой точки зрения, изучение содержания и миграция таких микроэлементов, как Mn, Mo, Zn, I в почвах Ленкорани, и их обмена в системе почва-растение, являющегося результатом противоположным процессу поглощения элементов растением и возвращения его в почву в процессе минерализации растительных остатков, считается весьма актуальной задачей.

Учитывая вышеизложенную мысль, мы считаем необходимым остановиться на значении в живых организмах каждого исследуемого элемента в отдельности.

Марганец (Mn) – элемент, который входит в побочную подгруппу VII группы периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Самым устойчивым валентным состоянием марганца является 2. Соли марганца большей частью хорошо растворимы в воде, особенно нитрат, хлорид, сульфат ацетат

и роданид. Из малорастворимых соединений следует назвать сульфид, фосфат и роданид. Среднее содержание марганца в почве по А. П. Виноградову составляет $8,5 \times 10^{-2} \%$ [2]. По А. Н. Гюльяхмедову количество валового марганца в различных почвах Азербайджана колеблется от 450 до 1280 мг/кг почв. По его мнению, четко отличается биогенный характер накопления марганца в верхнем горизонте, для различных типов почв. Марганец, почти как все микроэлементы, концентрируется в тонкодисперсных фракциях [1].

Степень подвижности марганца в почвах определяется не только почвенным раствором среды, но и наличием в почвах органического вещества. А. П. Виноградов, А. Н. Гюльяхмедов, А. Б. Ахундова и др. подчеркивают то, что органическое вещество почвы способствует раскислению соединений марганца и закреплению его в почве [1, 2, 4].

Кроме характера растительных ассоциаций на поступление и накопление микроэлементов в растениях существенное влияние оказывают физиологические особенности растений. Нужно отметить, что в зависимости от почвенной среды изменяется и характер концентрирования этого элемента растениями.

Исследованиями ряда ученых установлено, что количество марганца в растении зависит от уровня рН в почве. Если возрастает рН в почве, уменьшается его количество в растении. В почвах, где преобладают окислительные свойства, марганец переходит в неусвояемую форму, а в почвах восстановительными свойствами, он восстанавливается до двухвалентного и тогда становится доступным растением. По М. Я. Школьнику, содержание марганца в растениях зависит от видовых особенностей растений, чем от его избирательной способности [7].

Марганец играет важную роль в процессе фотосинтеза, является активатором целого ряда ферментов, которые катализируют окислительно-восстановительные реакции. Исследованиями М. Я. Школьника (1955), Д. А. Алиева (1955) и М. Г. Абуталыбова (1956) установлено, что марганец положительно влияет на морозоустойчивость цитрусовых культур, пшеницы и др. Хотя марганец присутствует во всех почвах, но он не всегда доступен растениям [7, 8].

При недостатке марганца (Mn) снижается содержание хлорофилла и активность каталазы в листьях. Недостаток его в почве вызывает у растений специфические заболевания, внешним симптомом которой является появление различных пятен на листьях. Следовательно, марганец играет большую роль в жизни растений [8].

Молибден (Mo) – относится к тяжелым металлам (атомный вес 95,95), обладает различной валентностью от 2 до 6. Наиболее устойчивыми в природе являются соединения 6-тивалентного молибдена. По А. П. Виноградову, молибден тяготеет к кислым породам, относительно обогащенным молибденом также, осадочным породам, среди которых выделяются глины. Он отмечает, что наиболее богаты молибденом те почвы, которые имеют высокое содержание органического вещества и обладает низким окислительным потенциалом [2].

В почвах среднее содержание молибдена составляет $2 \times 10^{-4} \%$. Молибден, как и марганец, относится к группе слабого биологического накопления и среднего биологического захвата. Поступление молибдена в растения, определяется степенью его подвижности. Поэтому на кислых почвах особенно четко ощущается недостаток молибдена в растениях.

Важнейшей стороной физиологической роли молибдена является его участие в азотистом обмене, в таких реакциях как восстановление нитратов и фиксация молекулярного азота. Помимо его участия в азотном обмене, имеются данные о роли молибдена в важнейших метаболических процессах.

Недостаток молибденового питания проявляется в появлении желто-зеленых или бледно-оранжевых межжилковых пятен. Также недостаток сказывается на развитии цветков, которые чаще всего остаются очень мелкими и теряют способность раскрываться. Также получены данные о роли молибдена в энергетическом обмене. Он оказывает влияние на обмен витаминов в растениях, при недостатке молибдена происходит резкое снижение содержания аскорбиновой кислоты. Характерным признаком молибденовой недостаточности является значительное снижение содержания хлорофилла, нарушение метаболизма фосфорных соединений [1].

Цинк (Zn) – химический элемент 2 группы периодической системы Д. И. Менделеева, широко распространен в природе, присутствует во всех почвах Азербайджана. Количество его также как и всякого другого элемента, зависит от характера материнских пород, содержания органического вещества, структуры почвы, рН и др. показателей. Среднее содержание Zn для всех почв земного шара близко $5 \cdot 10^{-3} \%$, он распределен в почвах более однообразно [2].

Подвижность Zn в почвах связана с характером состояния в почвах формой соединения и рН среды. Цинк неподвижен при высоких рН в щелочных почвах, богатых CaCO₃, и очень подвижен в кислых почвах рН=5 и ниже. Щелочные растворы совершенно не извлекают Zn. Чем более кислый раствор, тем больше извлекается Zn из почвы, особенно из гумусового горизонта. Почвенные растворы с высоким рН фиксируют Zn, осаждая его или переводя в сорбционные соединения. Установлено что, содержание подвижного цинка в почве далеко не всегда находится в прямой зависимости от общего содержания этого элемента в почве [1, 2, 5].

Цинк входит в состав всех растительных организмов от десятитысячных до сотых долей процента. Физиологическая роль цинка в растениях многосторонняя. Цинк играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах и является составной частью ряда ферментов (карбоангидраза, триозефосфатдегидрогеназы и др.)

На основе проведенных исследований можно подчеркивать, что доступность цинка растениям зависит не только от увеличения кислотности почвы, также как и молибдена, марганца и др. содержание его меняется в зависимости от метеорологических условий, в частности, от количества осадков, выпадающих в период наибольшего роста растения.

Недостаток цинка для растений наблюдаются чаще всего на песчаных почвах, отличающихся низким содержанием этого элемента. Отметим, что цинковое голодание наблюдается у плодовых и цитрусовых деревьев – яблони, вишни, лимона, мандарина, апельсина, фейхоа и др. При цинковом голодании растений появляются хлоротичные пятна на листьях, которые становятся бледно-зелеными, а у некоторых растений почти белыми. У цитрусовых культур наблюдается крапчатость листьев, а у грецкого ореха желтуха. Роль цинка для роста и развития культурных растений тесно связана с его участием в азотном обмене.

Цинк также влияет на проницаемость мембран, стабилизирует клеточные компоненты и системы микроорганизмов, повышает устойчивость растений к сухому и жаркому климату, грибковым и бактериальным заболеваниям [7].

Йод (J) – содержание йода в различных почвах по литературным данным колеблется от 0,1 до 50 мг/кг и в среднем составляет 5 мг/кг почв. Основным источником почвенного йода является йод атмосферы. Установлено, что чем больше органического вещества содержит почва, и чем больше содержит мелкой фракции, тем богаче она и йодом. В распределении йода по профилю почвы отмечается, что верхний гумусовый слой почвы наиболее богат йодом, а нижний слой почв и материнская порода, наоборот, содержат наименьшее количество этого элемента. Исключение составляют осадочные породы морского происхождения.

Содержание йода в растениях, также как и всякого другого элемента, зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются биологические особенности самого растения и содержание подвижной формы этого элемента в почве.

Проведенные нами исследования и многочисленные опыты с целью изучения влияния свойств почв на поступление йода в растения и содержание йода в них в зависимости от их видовых особенностей, показывают, что йод не входит в число элементов, являющихся абсолютно необходимым для жизни растений. Наряду с этим в ряде опытов установлено и его положительное влияние на рост, и развитие растений и величину урожая [1,8].

Необходимость йода для человека и животных была установлена еще в первой половине XIX века. При недостатке йода в организме животных и человека происходят нарушения функций щитовидной железы. В результате нарушения в обмене веществ, вызываемого йодной недостаточностью появляется эндемический зоб у человека и животных.

В статье даны материалы о содержании марганца, молибдена, цинка и йода в псевдоподзолистых желтоземно-глеевых почвах на территории Ленкоранского чайного филиала Научно-Исследовательского института плодоводства и чая. Поводом для исследований в этом направлении послужило отсутствие информации вышеуказанных микроэлементов в псевдоподзолистых желтоземно-глеевых почвах в Ленкоранском районе.

Полевые исследования осуществляли путем закладки почвенных разрезов и отбора проб из генетических горизонтов. Вокруг заложенных разрезов брали пробы растений.

Микроэлементы в почвах (валовые формы) и в растениях определяли атомно-абсорбционным методом с использованием спектрометра Shumadzy-6800. Подвижные формы этих элементов определяли: марганца – методом персульфатным, цинк-дитизионовым, молибден-роданидным, йод-тиосульфатным.

Определение содержания гумуса, рН проводилось по общепринятой методике. Гумус определяли по И. В. Тюрину, рН – с помощью рН-метра [9].

Нужно отметить, что формирование в условиях влажного субтропического климата, псевдоподзолистых желтоземно-глеевых почв по почвенно-экологическим условиям развивается в южной половине Ленкоранской приморской неизменности. В формировании этих почв большое значение имеет также сельскохозяйственная деятельность человека.

По результатам проведенных анализов установлены уровни содержания микроэлементов в почвах.

Как видно из первой таблицы, содержание гумуса в этих почвах, составляет в верхнем горизонте (0–10см) – 3,4 % и постепенно уменьшается к низу (98–130 см) – 0,7 %. Реакция почвенной среды кислая и слабокислая, рН в водной суспензии по профилю почв колеблется в пределах 5,4 до 6,2.

Таблица 1. Свойства почв в псевдоподзолистые Желтоземно-глеевых почвах и содержание микроэлементов

Свойства почв		Глубина взятия образцов, в см					
		0–10	10–25	25–48	48–73	73–98	98–130
Гумус (%)		3,4	2,8	2,4	1,8	1,8	0,7
рН _{водн.}		5,4	5,5	5,6	5,8	6,1	6,2
рН _{солевая}		4,2	4,3	4,6	4,8	5,0	5,2
Содержание микроэлементов (в мг/кг) и Коэффициент подвижности Кп							
Mn	Валв. содержание	780	690	600	590	560	560
	Подв. содержание	43	35	32	30	22	18,2
	Степень подвижности %	5,5	5,1	5,3	5,1	3,9	3,3
Mo	Валв. содержание	2,4	2,0	1,7	1,4	1,2	0,7
	Подв. содержание	1,20	1,15	1,00	0,75	0,66	0,25
	Степень подвижности %	50,0	57,5	58,8	53,6	55,0	35,7
Zn	Валв. содержание	38,4	36,2	30,8	30,2	30,0	28,5
	Подв. содержание	3,10	2,85	2,20	1,75	1,44	0,96
	Степень подвижности %	8,1	7,9	7,1	5,8	4,8	3,4
J	Валв. содержание	3,96	3,12	2,37	1,14	1,00	0,78
	Подв. содержание	2,20	1,95	1,20	1,00	0,60	0,50
	Степень подвижности %	55,6	62,5	50,6	87,7	60	64,1

В псевдоподзолистых желтоземно-глеевых почвах, распределение валового содержания марганца, молибдена, цинка и йода (Mn, Mo, Zn и J), в профиле почвенного разреза, более или менее равномерное.

Однако отмечается заметная аккумуляция их в верхнем горизонте. Здесь количество марганца достигает до 780 мг/кг, молибдена–2,4; цинка–38,4; йода–3,96 мг/кг. По этим данным можно сказать, что содержание Mn, Mo, Zn и J в верхнем горизонте, ниже среднего количество (Кларк) значений для почвы и отмечается заметное уменьшение величины их вниз по почвенному профилю.

Как видно из таблицы, содержание подвижных форм исследуемых микроэлементов, также уменьшается с глубиной. Если в верхних горизонтах исследуемых микроэлементов содержание составляет, соответственно – Mn – 43 мг/кг; Mo – 1,20; Zn – 3,10 и J – 2,20 мг/кг почве, то в нижних горизонтах это содержание равно – Mn – 18,2 мг/кг; Mo – 0,25; Zn – 0,96 и J – 0,50 мг/кг с уменьшением содержания гумуса.

Мы считаем, что низкое содержание подвижных форм этих микроэлементов обуславливается господствующим здесь влажным субтропическим климатом. Так, как относительная влажность воздуха и сильные дожди наблюдается вымыванием питательных веществ из почвы и, в частности уменьшением содержания макро и микроэлементов.

В псевдоподзолистых желтоземно-глеевых почвах величина коэффициента подвижности (Кп) микроэлементов, в том числе количество марганца (Mn) и цинка (Zn) не высокое, и в горизонтах соответственно колеблется от 5,5 до 3,3 % и от 8,1 до 3,4 %.

В общем, коэффициента подвижности (Кп) микроэлементов в этих почвах имеет различные значения и такое явление можно объяснить, легким механическим составом и кислой реакцией среды.

В наших исследованиях представлены различные древесные растения, приуроченные к месту закладки разрезов. В основном это дикорастущие виды растений. Исключение составляют чайные растения и фейхоа. Данные по содержанию микроэлементов в почвах и растениях представлены в табл. 2.

Изменение в количественного содержания любого микроэлемента в одном и в том же виде растений, происходит в прямой зависимости содержанием их в почве. Также нужно отметить, что, при равнозначном содержании одного и того же исследуемого микроэлемента в почвах, в растение поступает разное количество элемента. Так как, величина коэффициента биологического поглощения (КБП) растениями зависит от уровня концентрации его в почвах и приуроченных к ним растениям, с наиболее высокой концентрацией этих элементов, обладает повышенными показателями КБП.

Необходимо отметить, что КБП для любого растения возрастает по мере уменьшения валового содержания микроэлементов в почве. Такое явление говорит о строгой избирательности растений, также к различным макроэлементам минерального питания.

Как видно из таблицы, листья одного и того же растения, содержат больше исследуемых микроэлементов, чем ветви.

Содержание марганца в листьях исследуемых растениях варьирует от 145,0 до 208,0, а в ветвях от 113,0 до 188,0 мг/кг воздушной сухой массы. Это дает основание отметить, что, в молодых органах (листьях) количество марганца значительно выше, чем в старых (ветвях). Наиболее высоким содержанием марганца характеризуются листья фейхоа, которые содержат значительно больше марганца, чем другие деревья (железное дерево, дуб). Это дает основание говорить о том, что в отдельности растения обладают избирательной способностью к содержанию марганца.

Таблица 2. Содержание микроэлементов в растениях и коэффициент биологического поглощения (КБП)

Наименование растений	Марганец (Mn)		Молибден (Mo)		Цинк (Zn)		Йод (I)	
	растения почв	КБП	растения почв	КБП	растения почв	КБП	растения почв	КБП
Дуб (листья)	$\frac{145}{622}$	0,23	$\frac{2,7}{2,20}$	1,22	$\frac{86,0}{48,2}$	1,78	$\frac{2,40}{2,32}$	1,03
Дуб (ветви)	$\frac{132}{622}$	0,21	$\frac{2,5}{2,20}$	1,14	$\frac{74,2}{48,2}$	1,54	$\frac{1,95}{2,32}$	0,84
Железное дерево (листья)	$\frac{178}{622}$	0,29	$\frac{4,4}{2,20}$	2,0	$\frac{92,4}{48,2}$	1,91	$\frac{2,70}{2,32}$	1,16
Железное дерево (ветви)	$\frac{113}{622}$	0,18	$\frac{3,7}{2,20}$	1,7	$\frac{86,5}{48,2}$	1,79	$\frac{2,10}{2,32}$	0,91
Фейхоа (листья)	$\frac{208}{622}$	0,33	$\frac{5,2}{2,20}$	2,4	$\frac{112,2}{48,2}$	2,32	$\frac{3,60}{2,32}$	1,55
Фейхоа (ветви)	$\frac{188}{622}$	0,30	$\frac{4,1}{2,20}$	1,9	$\frac{96,0}{48,2}$	1,99	$\frac{2,14}{2,32}$	0,92
Чай (листья)	$\frac{195}{622}$	0,31	$\frac{9,5}{2,20}$	4,3	$\frac{76,0}{48,2}$	1,57	$\frac{4,22}{2,32}$	1,82
Чай (ветви)	$\frac{162}{622}$	0,26	$\frac{8,6}{2,20}$	3,9	$\frac{70,2}{48,2}$	1,45	$\frac{3,12}{2,32}$	1,34

Количественное содержание молибдена в растениях по сравнению с другими исследуемыми микроэлементами выражается значительно меньшими величинами. При довольно низком содержании молибдена в почвах, его величина в древесных растениях, как видно из таблицы, относительно высокое и колеблется в листьях от 2,7 до 9,5 мг/кг, а в ветвях от 2,5 до 8,6 мг/кг воздушной сухой массы. При этом самое высокое содержание молибдена отмечается в листьях чайного растения и фейхоа (9,5 и 5,2 мг/кг). Как уже упоминалось выше, КБП для молибдена в зависимости от вида растений колеблется от 1,14 до 4,3, растения с наиболее высокой концентрацией микроэлементов обладают и более повышенными показателями КБП.

В наших исследованиях концентрация цинка в исследуемых растениях варьирует в широких интервалах (70,2–112,2 мг/кг). В листьях фейхоа содержание цинка равно 112,2 мг/кг, а в ветвях 96,0 мг/кг. А в листьях железного дерева и дуба соответственно 92,4 мг/кг; 86,0 мг/кг, в ветвях 86,5 мг/кг; 74,2 мг/кг. Это объясняется тем, что потребность в цинке у цитрусовых выше, чем у дикорастущих деревьев. В результате проведенных исследований установлено, что содержание цинка в древесной растительности значительно выше по сравнению с травянистой.

Йод участвует во многих физиологических и биохимических процессах и оказывает большое влияние на элементный состав и продуктивность растений. Он оказывает положительное влияние на количество и качественный состав аминокислот, отношение белкового азота к небелковому азоту, повышает устойчивость полевых культур к неблагоприятным факторам внешней среды. Известно, что основным источником поступления йода в сельскохозяйственные растения является почва.

Отметим, что в период вегетации растения характеризуются разным содержанием йода. По данным А. Х. Шеуджена, наибольшее его количество наблюдается в начале вегетации и уменьшается перед уборкой урожая сельскохозяйственных культур [6].

Нужно отметить, что водорастворимый йод может составлять до 50 % от общего количества. Среднее содержание йода в исследуемых растениях колеблется от 1,95 до 4,22 мг/кг.

Заклучение

На основании проведенных нами исследований с целью изучения содержания и миграции микроэлементов Mn, Mo, Zn, J в почвах Ленкоранской субтропической зоны и их обмена в системе почва-растение, можно сделать следующие выводы. Содержание микроэлементов в этих почвах ниже среднего (Кларк), в основном они аккумулируются в верхнем горизонте, заметно уменьшается их количество вниз по почвенному профилю. Подвижные формы исследуемых микроэлементов также, уменьшаются с глубиной.

В наших исследованиях представлены различные древесные растения (дуб, железное дерево, фейхоа, чай), произрастающие на месте закладки разрезов. Как показывают наши исследования, в почве при равнозначном количестве содержания микроэлементов, в растение поступает разное количество этих микроэлементов, также листья одного и того же растения содержат исследуемых микроэлементов больше, чем ветви. Необходимо отметить, что на высокую концентрацию этих элементов указывает коэффициент биологического поглощения (КБП).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гюльяхмедов А. Н. Микроэлементы в почвах, растениях и их применение в растениеводстве. – Баку: Элм, 1986. – 169 с.
2. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1957.
3. Вернадский В. И. Живое вещество и биосфера. – М.: Наука, 1964.
4. Ахундова, А. Б. Микроэлементы в почвах и в живых организмах. – Труды Почвоведения и Агрохимия том XVI. Баку: Элм, 2004. – 485 с.
5. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. – М.: Издательство «Высшая школа», 1966. – 391 с.
6. Шеуджен А. Х. Агробиогеохимия. – 2-е изд., перераб и доп. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 877 с.
7. Школьник М. Я. Микроэлементы в жизни растений. – М.: Изд. «Наука», 1971. – 322 с.
8. Səlimova, Ş. C., Axundova Ə. B., Əhmədova A. Ş. / Böyük Qafqazın müxtəlif tip torpaqlarında ağır metalların torpaq-bitki sistemində miqrasiyası / Səlimova Ş. C., Axundova Ə. B., Əhmədova A. Ş. Torpaqşünaslıq və Aqrokimya jurnalı cild 24, nömrə 1, iyun 2019// səh 109–116.
9. Арунишкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М. : Изд-ва МГУ, 1970. – 487 с.

ОБЗОРЫ. ФРАГМЕНТЫ. РЕЦЕНЗИИ

УДК [378.096:63]:631.4(09)(476.4)

ВЕКОВАЯ ИСТОРИЯ КАФЕДРЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

(обзор книги «Летопись кафедры почвоведения»)

**Т. Ф. ПЕРСИКОВА, С. Д. КУРГАНСКАЯ, О. В. МУРЗОВА,
М. В. ЦАРЁВА, Е. Ф. ВАЛЕЙША, О. А. ПОДДУБНЫЙ**

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

(Поступила в редакцию 15.04.2024)

«Тот, кто не интересуется историей, прошлым, обедняет свое настоящее дело каждого культурного человека извлечь из прошлого то, что необходимо для настоящего и будущего: не только сохранять память прошлого, но создать «обратные токи времени».
Д. С. Лихачёв

В книге «Летопись кафедры почвоведения» приводится хронология важнейших событий из истории кафедры почвоведения старейшего в Европе высшего сельскохозяйственного учебного заведения.

Дается информация о преподавателях кафедры, научной и научно-исследовательской работе. В неё включены исторические материалы, фотографии.

Земля – матушка, кормилица – так любовно её всегда называли и называют, она требует к себе бережного и профессионального отношения. Знания о почве закладываются и передаются из поколения к поколению.

Начало агрономическому образованию в России было положено в Горках в 40-х гг. XIX в. Созданная в 1840 году как Горы-Горецкая земледельческая школа (преобразованная в 1848 г. в институт), прошла сложный путь становления и развития, в котором нашли отражение все преобразования в стране и в аграрном секторе экономики. Преподаватели и первые выпускники Горы-Горецкого земледельческого института были подлинными подвижниками и первопроходцами на стезе сельскохозяйственной науки. Они прокладывали неизведанные ранее пути к овладению профессиональными знаниями тем слоям населения, которые стремились поставить земледелие на культурную основу. Да и сами эти знания рождались в стенах института, развивались и обогащались его вчерашними студентами, взявшими на себя трудное дело становления в России сельскохозяйственной науки. Благодаря деятельности выдающихся выпускников Горы-Горецкого земледельческого института патриарха русской агрономии, профессора Александра Васильевича Советова (выпускника 1850 г.), первого доктора сельского хозяйства, патриарха русского земледелия Ивана Александровича Стебута (выпускника 1854 г.), работавшего впоследствии в Петровской академии, учение о почвах стало основой курса по агрономии, агрохимии и растениеводству.

Кафедре почвоведения Белорусской государственной сельскохозяйственной академии более 100 лет. История кафедры неразрывно связана с научными исследованиями почв Беларуси. Для организации кафедры на должность первого заведующего в 1921 г. был направлен ученик В. В. Докучаева, профессор Яков Никитич Афанасьев.

Я. Н. Афанасьев родился 21 октября 1877 г. в г. Балашове Саратовской области в семье рабочего. Начальное образование он получил в церковно-приходской школе. Упорно и систематически он занимался самообразованием и без труда сдал экстерном экзамен (по всем предметам) за полный курс Балашовской мужской гимназии. Осенью 1897 г. он поступил на естественный факультет Петербургского университета. Успехами в учебе, формированием научного мировоззрения, выбором профессии Я. Н. Афанасьев во многом был обязан профессорско-преподавательскому составу, в числе которых выдающиеся учёные В. В. Докучаев, А. И. Воейков, А. В. Советов, А. Н. Бекетов, П. А. Земетчинский, А. А. Иностранцев, Н. А. Меншуткин. Уже в студенческие годы Яков Никитич проявляет большой

интерес к картографии, участвует в почвенных экспедициях. В 1901 году он успешно закончил учебу в Петербургском университете. Весной 1902 г. успешно защищает кандидатскую диссертацию и становится преподавателем Галицинских высших женских курсов в Москве. А в 1921 г. Я. Н. Афанасьеву предлагают возглавить кафедру почвоведения в Горы-Горетском сельскохозяйственном институте.

На этом поприще учёный проявил талант организатора и педагога. Для разработки научно-исследовательских проблем он привлекал, по примеру В. В. Докучаева, наиболее способных, увлеченных наукой студентов. Сотрудниками кафедры в этот период стали студенты А. Г. Медведев, П. А. Кучинский, Г. И. Протасеня, В. И. Пашин. Под руководством Якова Никитича они обследовали почвы Белоруссии, составляли их карты, отбирали почвенные образцы по генетическим горизонтам. Материалы этих исследований легли в основу очерка «Этюды о покровных породах Белоруссии», где Я. Н. Афанасьев обосновывает новое представление об образовании покровных почвообразующих пород (лёссовидных суглинков и лёссов). Он делит почвообразующие породы Белоруссии на две группы: ледниковые, к которым относятся морены разного механического состава, и флювиогляциальные, делювиальные, эоловые и аллювиальные.

Успехи, достигнутые за короткий срок сотрудниками кафедры почвоведения Горетского института в исследовании почв, вызвали интерес земельных органов близлежащих губерний. По просьбе Брянского губземуправления Я. Н. Афанасьев со своими учениками исследовали почвы Жиздринского уезда Брянской губернии. В 1925 г. по предложению Оршанского окружного земуправления изучены почвы Оршанского округа. В 1925 г. Горетский и Минский сельскохозяйственные институты были реорганизованы в Белорусскую сельскохозяйственную академию в г. Горки. Занимаясь педагогической деятельностью и решением научных проблем, Я. Н. Афанасьев считал своим долгом участвовать в оказании помощи сельскому хозяйству. Летом 1926 г. он возглавил масштабные почвенные исследования совхозов Курского отделения Сахаротреста, руководил исследованиями природных условий и почв Новозыбковского уезда Черниговской губернии. Объем педагогической и научно-исследовательской работы кафедры почвоведения в это время увеличился в связи с чем были приняты на работу новые сотрудники: В. Н. Четвериков, П. П. Роговой, Н. П. Булгаков, А. С. Рязанов, М. Ф. Янушкевич, В. С. Шевелев. При кафедре почвоведения по предложению Я. Н. Афанасьева создается научно-исследовательская лаборатория Академии наук БССР. Я. Н. Афанасьев избирают академиком АН БССР и назначают руководителем этой лаборатории. В 1931 г эта лаборатория была преобразована в Белорусский научно-исследовательский институт агропочвоведения и удобрений и переведена из г. Горки в г. Минск, директором которого стал Я. Н. Афанасьев. Первая пятилетка, индустриализация промышленности и коллективизация сельского хозяйства поставили перед учёными новые задачи. Для подготовки кадров в области почвоведения Яков Никитич организует кафедру почвоведения в Белорусском государственном университете им. В. И. Ленина. На посту директора Института агропочвоведения и агрохимии он возглавляет почвенные и агрохимические исследования в БССР.

V Всесоюзный съезд почвоведов, состоявшийся в г. Москве 10–17 апреля 1926 г. подвел итоги пятидесятилетнего развития почвоведения, у истоков которого стоял В. В. Докучаев. Съезд признал целесообразным участие представителей советской науки в I Международном конгрессе почвоведов в Вашингтоне в 1927 г. Подготовка к международному форуму была возложена на организационный комитет. Ответственными по классификационной комиссии были назначены Г. М. Тумин и Я. Н. Афанасьев. В 1927 г. советская секция Международного общества почвоведов поручила Я. Н. Афанасьеву сделать доклад о классификации почв на I Международном конгрессе почвоведов в Вашингтоне. Делегацию советских почвоведов возглавил директор Почвенного института им. В. В. Докучаева академик АН СССР К. Д. Глинка. Тема доклада Я. Н. Афанасьева – «Классификационная проблема в русском почвоведении». Его другое выступление «Основные черты почвенного лика земли» сопровождалось демонстрацией почвенной карты мира и рисунками почв СССР, выполненными учеником Я. Н. Афанасьева В. И. Пашиним. Успехи русской почвенной науки были признаны участниками конгресса как огромное достижение докучаевской школы генетического почвоведения.

В начале 30-х годов Я. Н. Афанасьев принимал участие в составлении почвенной карты СССР в масштабе 1:1 000 000 (территория Белорусской ССР), вышедшей под редакцией академика АН СССР Л. И. Прасолова. Монография Я. Н. Афанасьева «Основные черты почвенного лика земли», изданная на трех языках в 1931 году и составленная им почвенная карта мира, как сказал Н. И. Вавилов, – замечательный пример применения диалектического метода в почвоведении. Я. Н. Афанасьев был одним из соавторов (по Белорусской ССР) схематической карты покровных четвертичных образований на территории европейской части СССР, составленной под руководством и редакцией профессора Г. Ф. Мирчинка. Карта была опубликована в учебнике «Почвы и грунты в дорожном деле» (М. М. Филатов, 1932). Результатом многочисленных крупномасштабных почвенных исследований территории БССР, проведенных Я. Н. Афанасьевым и его сотрудниками, явилась первая почвенная карта республики в масштабе 1:5 000 000, а также в масштабе 1:1 200 000, изданная в 1948 году.

В исследованиях того времени Я. Н. Афанасьев все больше внимания уделяет решению практических вопросов развития сельскохозяйственного производства. Об этом свидетельствуют названия его трудов: «Почвенные районы БССР» (1931 г.), «Природный и культурный рельеф полей БССР, как фактор урожайности» (1932 г.), «Как повысить урожайность на почвах БССР», «Почвенный покров Оршанщины и Могилевщины» (1933 г.), «Материалы к агрономической характеристике почв», «Участие почвоведов в разрешении проблемы зимостойкости культур», «Схемы опытов по углублению пахотного горизонта» (1936 г.) и др.

Но судьба Якова Никитича Афанасьева сложилась трагично. В 1937 г. – арест. В 1938 г. – он был репрессирован и погиб в пучинах ГУЛАГа. Впоследствии реабилитирован.

Вклад Якова Никитича в развитие белорусской аграрной науки подтвердило время. Дело, которому он посвятил свои творческие силы и способности, продолжали и развивали его многочисленные ученики и последователи.

С 1935–1941 гг., 1944–1956 гг. кафедрой почвоведения Белорусской сельскохозяйственной академии заведовал ученик Я. Н. Афанасьева – Андрей Григорьевич Медведев.

А. Г. Медведев родился в 1897 г. в д. Социлов Погарского района Брянской области (Стародубского уезда Черниговской губернии) в семье крестьянина. После окончания Стародубской сельскохозяйственной школы поступил в Горецкое земельно-агрохимическое училище, а затем, в 1919 г. на агрохимический факультет Горецкого сельскохозяйственного института. Будучи студентом, Андрей Григорьевич стал научным сотрудником кафедры почвоведения, принимал активное участие в исследовательской работе, читал лекции по почвоведению на землеустроительном и мелиоративном факультетах. В 1925 г., опираясь на большой экспериментальный материал, успешно защитил дипломную работу, в дальнейшем полученные результаты были опубликованы в первой научной статье – «Микро-рельеф лессовых плато и влияние его на глубину залегания карбонатного горизонта» (1926 г.). В научных кругах данная статья оценивается как первая в Беларуси научная работа по эрозии почв. А. Г. Медведев принадлежит к числу многогранных учёных-почвоведов. Он заложил теоретические и практические основы развития географии и картографии почв Беларуси, почвенно-географического и агрохимического районирования республики, экономической оценки земель и бонитировки почв, эрозии и эволюции почв, оптимизации мелиорированных территорий. В связи с большими работами, производимыми в БССР по осушению заболоченных и болотных почв, А. Г. Медведев много внимания уделял изучению изменения мелиорированных почв, обработке торфа, негативным явлениям, связанным с мелиорацией. Он выдвинул идею о почво- и природоохранной роли торфа и обстоятельно её обосновал. А. Г. Медведевым разработаны теоретические основы оптимизации торфяных почв путем глинования, песчаных – путем глинования и торфования. Андрей Григорьевич отличался исключительной работоспособностью, широтой и глубиной знаний, результативностью в научной работе, обилием интереснейших научных идей. Для него характерна высокая культура, всесторонняя эрудиция и сердечная доброжелательность к людям. За свою продолжительную педагогическую и научно-исследовательскую деятельность А. Г. Медведев подготовил 19 кандидатов наук. Монография «Качественная оценка земель в совхозах и колхозах БССР» (1971 г.) удостоена премии им. В. Р. Вильямса. Под его редакцией составлено 740 почвенных карт и написано 170 агропочвенных описаний.

С 1956 по 1964 гг. заведующим кафедрой почвоведения был Иван Федосеевич Гаркуша.

И. Ф. Гаркуша родился в 1896 году в селе Городище Городищенского района Киевской области. В 1916 г. окончил Городищенское земледельческое училище, а в 1928 г. – Херсонский сельскохозяйственный институт. С 1930 по 1933 гг. учился в аспирантуре Всесоюзного института удобрений, агро-техники и агропочвоведения (г. Ленинград).

С 1944 г. И. Ф. Гаркуша работал в Белорусской сельскохозяйственной академии сначала в должности проректора, а с 1952 по 1965 гг. – ректором и одновременно заведующим кафедрой почвоведения. Научная деятельность Ивана Федосеевича была посвящена изучению почв республики, их рациональному использованию и улучшению, исследованиям в области агрономического почвоведения, географии, генезиса, плодородия и эволюции дерново-подзолистых и торфяно-болотных почв под влиянием окультуривания. Коллективом кафедры под руководством И. Ф. Гаркуши были проведены почвенные исследования в хозяйствах Могилевской области на площади более 400 тыс. га. Результаты этих исследований в виде почвенных карт, картограмм и почвенных очерков были переданы в хозяйства для производственного использования. Результаты многолетних исследований эволюции почв под влиянием окультуривания были обобщены в монографии «Окультуривание почв как современный этап почвообразования» (М., 1956). Им был подготовлен учебник для средних специальных и высших учебных учреждений «Почвоведение» (М., 1940; 6-е изд. 1962), который издан на 9 языках.

С 1965 г. обязанности заведующего исполняла доцент Юдифь Израилевна Бланкфельд.

Ю. И. Бланкфельд родилась 22 августа 1906 г. в г. Молотов (ныне г. Пермь) в семье служащих. В 1927 г. поступила в сельскохозяйственную академию им. К. А. Тимирязева на специальность

«Агрохимия и почвоведение». С 1936 по 1939 гг. обучалась в аспирантуре при Всесоюзном Институте удобрений агрохимии и агропочвоведения (г. Москва). В 1940 г. защитила диссертацию на соискание учёной степени кандидата химических наук. В 1954 г. – избрана доцентом кафедры почвоведения Белорусской сельскохозяйственной академии, а с 1965 по 1969 гг. исполняла обязанности заведующего кафедрой почвоведения. Исследования Ю. И. Бланкфельд были посвящены использованию материалов аэрофотосъемки при исследовании дерново-подзолистых почв Белоруссии, роли алюминия в почвенной кислотности, опыту «мечения» почвенного воздуха для изучения газообмена в полевых условиях, методике определения углекислоты, выделяемой почвой.

С 1969 г. кафедрой почвоведения заведовал доктор сельскохозяйственных наук, профессор Анатолий Михайлович Брагин.

Родился А. М. Брагин 22 апреля 1909 года в с. Новая Чигла Воронежской области. Окончил Воронежский сельскохозяйственный институт. С апреля 1939 года по апрель 1942 года – аспирант Воронежского сельскохозяйственного института. Принимал участие в боях в период Великой Отечественной войны с декабря 1942 г. по май 1945 г. на Волховском и Ленинградском фронтах. После окончания войны работал ассистентом кафедры агрохимии Воронежского сельскохозяйственного института. В 1949 г. защитил кандидатскую диссертацию. С 1949 по 1957 гг. – доцент кафедры агрохимии Белорусской сельскохозяйственной академии. С первых дней работы в академии А. М. Брагин проявил большую заинтересованность к проведению исследований. В 1950 г. на опытном поле «Иваново» в пятипольном севообороте им был заложен длительный опыт по схеме Д. Н. Прянишникова, в котором он начал изучать сравнительную эффективность навозной, минеральной и навозно-минеральной систем удобрения. Впервые для дерново-подзолистых легкосуглинистых почв Беларуси были определены оптимальные нормы внесения удобрений для достижения бездефицитного баланса гумуса и питательных элементов. Длительные, брагинские, как их называют, опыты вошли в каталог длительных опытов БССР и СССР, а первый из них включён в каталог европейских опытов. Возглавив к этому времени кафедру почвоведения и отдел гумуса проблемной лаборатории питания, А. М. Брагин главным направлением исследований избрал изучение круговорота питательных элементов, гумусового состояния и агрофизических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. Под его руководством кандидатские диссертации защитили 6 сотрудников кафедры. А. М. Брагин является соавтором двух справочников по удобрениям.

Почётную эстафету от А. М. Брагина в 1981 г. принимает Анна Ивановна Горбылёва.

А. И. Горбылёва родилась 18 декабря 1928 г. в мордовском селе Старая Горяша Краснослободского района в семье крестьян. Осенью 1946 г. она становится студенткой Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева. Закончив с отличием академию, а затем аспирантуру, в 1955 г. она с блеском защищает кандидатскую диссертацию на тему: «Динамика некоторых свойств почвы и урожай растений при трех вариантах системы удобрений в девятипольном севообороте». По распределению и совету известного учёного О. Кедрова-Зихмана, Анна Ивановна приехала в маленький белорусский городок Горки. Здесь, в Белорусской сельскохозяйственной академии, она пройдет путь от ассистента до доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академика Международной академии аграрного образования, заведующего кафедрой почвоведения, здесь она станет Почетным гражданином г. Горки.

В 1958 г. молодой учёный организовала и до 1964 г. заведовала, на общественных началах, радиоизотопной лабораторией, которая позднее была преобразована в кафедру сельскохозяйственной радиологии. С мая 1981 по август 1998 г. заведовала кафедрой почвоведения, где ярко проявились её руководящие и организаторские качества. Основные научные исследования А. И. Горбылёвой посвящены установлению закономерностей в системе «почва – растения – удобрения» в условиях интенсивной химизации почв. На их основе разрабатываются принципы планирования системы удобрения в севообороте с включением различных технологий внесения удобрений и в зависимости от способов обработки почвы, обеспечивающей целенаправленное регулирование плодородия почвы и охрану окружающей среды. Результаты её исследований нашли отражение при разработке научных основ применения удобрений. Многие из них вошли в качестве нормативов в модели почвенного плодородия и использованы при подготовке рекомендаций для сельскохозяйственного производства. Наряду с научными исследованиями Анна Ивановна проводила большую работу по подготовке научно-педагогических кадров. Благодаря её педагогическому таланту, высокой профессиональной эрудиции и трудолюбию, подготовлено 17 кандидатов наук, в том числе 3 гражданина России, 1 – Египта, 1 – Вьетнама. Анна Ивановна всегда поддерживала тесные связи со многими ведущими отечественными и зарубежными учёными (России, Украины, Молдовы, Литвы, Латвии, Польши и др. стран). Творческие контакты, встречи на конгрессах, съездах, конференциях, обмен корреспонденцией позволяли ей и её сотрудникам быть всегда информированными о проводимых в мире исследованиях и способствовали признанию школы белорусских агрохимиков-почвоведов. За цикл исследований, посвященных вопросам эволюции почвенного плодородия и комплексным проблемам охраны почв, оптимизации

минерального питания растений и почвенных процессов с целью создания высокопродуктивных и чистых агроценозов на дерново-подзолистых почвах, в 2004 г., на конкурсной основе, А. И. Горбылёвой была присуждена престижная премия имени академика Д. Н. Прянишникова, учрежденная Правительством России для учёных в области агрохимии. Развитие её идей и принципов продолжается и поныне, и будет еще долго служить не одному поколению ученых и специалистов. Научный задел, созданный нашими великими предшественниками, является прочным фундаментом для последующих исследований в области почвоведения.

Сменил Анну Ивановну Горбылёву на посту заведующего кафедрой её ученик, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Вадим Борисович Воробьёв.

В. Б. Воробьёв родился 27 июля 1954 году в г. Донецк. В 1980 г. закончил агрономический факультет Белорусской сельскохозяйственной академии. С 1984 по 1987 гг. обучался в аспирантуре на кафедре почвоведения БГСХА. В 1988 году защитил кандидатскую диссертацию. В 1998 г. избран на должность заведующего кафедрой почвоведения, на которой проработал до 2011 г. В этот период при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований руководил научными исследованиями: «Изменение группового и химического состава органо-минеральных коллоидов и гумусового состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при её сельскохозяйственном использовании»; «Изменение группового и химического состава органо-минеральных коллоидов и гумусового состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы под влиянием водной эрозии». В рамках государственных программ фундаментальных исследований «Природные ресурсы и ландшафты» (2001–2005 гг.) и «Земледелие и механизация» (2006–2010 гг.) в соответствии с темами научно-исследовательских работ Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь руководил исследованиями по темам: «Изучение закономерностей в изменениях качественного состава органо-минеральных коллоидов при окультуривании дерново-подзолистых легкосуглинистых почв»; «Оценка биологического состояния дерново-подзолистых почв при длительном применении удобрений в целях нормирования антропогенной нагрузки», раздел «Изучить закономерности изменения гумусового состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при различных системах удобрения на фоне минимальной обработки». Результаты исследований послужили основой для написания докторской диссертации, которую защитил в 2019 г. Под его руководством защищено 4 диссертационные работы на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. С 1 января 2020 г. – заведующий кафедрой агрохимии УО БГСХА.

Славные традиции кафедры с 2011 г. продолжил выпускник факультета агрохимии и почвоведения, ученик А. И. Горбылёвой кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Олег Андреевич Поддубный.

О.А. Поддубный родился 20 сентября 1965 года в деревне Городечня Красногорского района Брянской области. В 1988 г. окончил Белорусскую сельскохозяйственную академию. С 1990 г. работал ассистентом кафедры почвоведения. В 2001 г. защитил кандидатскую диссертацию. С 2005 по 2011 гг. – доцент кафедры почвоведения. С 2011 по 2012 гг. работал в должности заведующего кафедрой почвоведения. С 2012 по 2013 гг. – доцент кафедры почвоведения. С 2013 г. по настоящее время – начальник учебно-методического управления УО БГСХА.

С 2012 г. по настоящее время возглавляет кафедру почвоведения доктор сельскохозяйственных наук, профессор Тамара Филипповна Персикова, белорусский учёный в области агрохимии и почвоведения.

Т. Ф. Персикова родилась 3 декабря 1951 г. в г. п. Хотимск. Окончила БСХА в 1974 г. по специальности «Агрохимия и почвоведение». С 1974 по 1975 гг. работала агрономом районной станции защиты растений г. п. Хотимск; с 1975 по 1978 гг. – агроном-агрохимик колхоза «Правда» Горецкого района Могилевской области, а с 1978 по 1979 гг. – председатель профсоюзного комитета этого же хозяйства. С 1979 по 1983 гг. – секретарь партийной организации экспериментальной базы «Погодино» Горецкого района Могилевской области. С 1983 по 1999 гг. – аспирантка, ассистент, старший преподаватель, доцент кафедры агрохимии Белорусской сельскохозяйственной академии. С 1999 по 2012 гг. – декан агроэкологического факультета, с 2012 г. по настоящее время – заведующий кафедрой почвоведения УО БГСХА. В 1987 г. под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора А. А. Каликинского защитила кандидатскую диссертацию, в 2003 г. – докторскую диссертацию по специальности 06.01.04 – Агрохимия, а в 2004 г. решением ВАК Беларуси присвоено звание профессора. Её диплом доктора сельскохозяйственных наук прошёл настрификацию в России, получено Свидетельство (серия ЭУС № 000507) в том, что диплом доктора сельскохозяйственных наук Беларуси эквивалентен диплому, полученному в России (решение Федерационной службы Российской Федерации по надзору в сфере образования и науки № 1922).

Научные исследования под руководством Т. Ф. Персиковой проводились на кафедре агрохимии с 1989 г. по темам, входящим в Государственную программу научных исследований (ГПНИ) и Государственную программу фундаментальных исследований (ГПФИ), где изучались рациональные способы

внесения удобрений в севообороте, позволяющие снизить энергозатраты на применение удобрений на 25–30 %; возможности рационального использования биологического азота на дерново-подзолистых почвах РБ; разработка эколого-физиологических принципов технологий формирования высокопродуктивных и устойчивых смешанных посевов на основе оптимизации минерального питания и пространственного размещения компонентов в агрофитоценозе; установление факторов оптимизации условий выращивания сорго сахарного на зерно и зеленую массу в условиях северо-востока Беларуси; разработкой сортовой агротехники люпина узколистного и проса с потенциальной урожайностью зерна от 3,0 до 5,0 т/га, обладающих высокими показателями качества зерна, устойчивостью к болезням; изучение закономерностей изменения свойств дерново-подзолистых почв при использовании куриного помёта и научное обоснование системы мероприятий по снижению отрицательных последствий его утилизации.

С 2021 по 2023 гг. она руководитель научно-исследовательской работы «Оценка эффективности и влияния на качество картофеля органического удобрения на основе куриного помёта» включённой в качестве проекта задания «Научное обоснование биологических методов и приёмов повышения плодородия, улучшения гумусового состояния и биологической активности почв» в государственную программу научных исследований (ГПНИ) на 2021–2025 годы «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность», подпрограмма «Плодородие почв и защита растений». Результаты исследований внедрены в хозяйствах Могилевской, Витебской областей республики и вошли, в подготовленные с её участием: 15 республиканских рекомендаций, отраслевые регламенты, 3 справочника. Под руководством Т. Ф. Персиковой защищено 7 магистерских, 8 кандидатских и 1 докторская (Казахстан) диссертации.

В разные годы на кафедре почвоведения работали: А. В. Калиновский, И. Р. Вильдфлуш, Н. Я. Седлуха, А. В. Макарова, А. В. Красикова, М. Ф. Комаров, Б. А. Калько, Л. И. Трифоненкова, Г. В. Савицкая, В. Н. Прокопович, Е. Ф. Богданович, А. Х. Кондюкова, Е. И. Петровский, М. И. Иванова, И. П. Козловская, Р. М. Искрова, Т. Э. Минченко, М. М. Комаров. За годы существования кафедры, сотрудниками и преподавателями проведена большая научно-исследовательская работа, по результатам которой выполнено и защищено более 50 кандидатских диссертаций.

Новые, перспективные направления научных исследований сотрудниками кафедры направлены на:

- изучение генетических особенностей пахотных дерново-подзолистых почв и разработку мероприятий по защите их от деградации и повышению плодородия;
- изучение закономерностей изменения свойств дерново-подзолистых почв при использовании куриного помёта с целью обоснования оптимальных доз их применения и обеспечения экологической безопасности;
- оценку биологического состояния дерново-подзолистых легкосуглинистых почв при длительном применении удобрений с целью снижения антропогенной нагрузки;
- мониторинг агрохимических показателей пахотных почв хозяйств Беларуси с целью разработки мероприятий по их рациональному использованию.

Сегодня кафедра почвоведения активно развивается. К выполнению научных исследований привлекаются студенты. Результаты исследований обсуждаются на научных конференциях, используются для написания дипломных и магистерских работ, кандидатских диссертаций.

В настоящее время на кафедре работают кандидаты сельскохозяйственных наук, доценты С. Д. Курганская, Е. Ф. Вaleyша (ученица А. И. Горбылёвой), М. В. Царёва, О. В. Мурзова, О. А. Поддубный (ученик А. И. Горбылёвой).

Преподаватели кафедры являются постоянными участниками международных, республиканских съездов и конференций, научно-производственных семинаров. С периодичностью в 3–5 лет на кафедре проводятся международные научно-практические конференции с последующим изданием сборников материалов конференций. Кафедра постоянно поддерживает и расширяет научные связи с ведущими учёными России, Казахстана, Азербайджана, что позволило выйти на высокий уровень научных исследований, как по постановке целей и задач, так и по способам их реализации. На кафедре большое внимание уделяется изданию научной, учебной и методической литературы.

Вспоминая имена замечательных учёных, связавших свою жизнь с кафедрой почвоведения, хотелось бы напомнить, что лучшим памятником для них является почитание и развитие учения, призывающего беречь и умножать плодородие родной земли. Воистину прав Вольтер: каждое событие в настоящем рождается из прошлого и является актом будущего – вечная цепь не может быть ни порвана, ни запутана.

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

ШАРШУНОВУ ВЯЧЕСЛАВУ АЛЕКСЕЕВИЧУ – 75 лет

А. Р. ЦЫГАНОВ

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

(Поступила в редакцию 15.04.2024)



Шаршунов В. А. родился 04.05.1949 г. в д. Кругловка Руднянского района Смоленской области (РСФСР). Член-корреспондент НАН Беларуси (2003), член-корреспондент Академии аграрных наук Республики Беларусь (1992–2003), доктор технических наук (1990), профессор (1991), заслуженный деятель науки Республики Беларусь (1998).

Шаршунов В. А. окончил Белорусскую сельскохозяйственную академию (1971) по специальности «механизация сельского хозяйства». Затем работал старшим инженером-контролером Руднянского районного отделения Смоленского областного производственного объединения «Россельхозтехника», а после службы в Советской Армии – мастером участка шлицевых валов механического цеха № 1 завода «Гомсельмаш». С 1973 – ассистент, старший преподаватель, доцент и заведующий кафедрой, а с 1992 г. ректор Белорусской сельскохозяйственной академии. С 1995 – начальник Главного управления кадров и аграрного образования Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. В этом же году избран депутатом Верховного совета Республики Беларусь 13-го созыва по Горецкому избирательному округу № 164. В 1996–1998 гг. – вице-президент Академии аграрных наук Республики Беларусь по совместительству с основной работой. В 1997–2000 гг. – заместитель председателя Постоянной комиссии по образованию, культуре, науке и научно-техническому прогрессу Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь 1-го

созыва. С 1997 по 1999 гг. – Председатель координационного совета Госкомитета Республики Беларусь по науке и технологиям по приоритетному направлению научно-технической деятельности «Производство, переработка и использование сельскохозяйственной продукции».

С 1 апреля 2003 г. – ректор Могилевского государственного университета продовольствия, а с 29 сентября 2017 г. по н.в. – профессор кафедры техносферной безопасности и общей физики этого же университета.

Шаршунов В. А. активно участвует в подготовке научных и научно-педагогических кадров, имеющих ученую степень доктора и кандидата наук. Под его научным руководством защищены 1 докторская и 15 кандидатских диссертаций. С 2001 г. по согласованию с Президентом Республики Беларусь был назначен заместителем председателя Государственного высшего аттестационного комитета Республики Беларусь, а с 2002 г. после реорганизации комитета – заместителем председателя, член Президиума, начальник управления аттестации Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь. Работал членом экспертного совета ВАК № 20 по машиностроительным специальностям два периода: с 1994 по 2001 гг. и с 2004 по 2011 гг. С 1986 г. по н.в. – член Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций при БГСХА (ранее БСХА), а с 2006 г. по н.в. – член Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций при БГУТ (ранее МГУП).

Юбиляр – известный белорусский ученый и педагог, ученик академика С. И. Назарова. Автор 87 монографий, учебников, учебных и справочных пособий, а также 522 научных статей и научно-методических трудов, 76 изобретений, защищенных авторскими свидетельствами СССР, патентами Республики Беларусь и Российской Федерации. Цитируемость научных трудов составляет на 03.04.2024 г.:

– всего по «Академии Google». – 2186, по h-индексу (индекс Хирша) – 19, по i10-индексу (цитируемость трудов – 10 и более раз) – 39;

– по РИНТ (Российский индекс научного цитирования), всего – 1682.

Научная и педагогическая работа юбиляра получила высокую оценку в Республике Беларусь и за рубежом. В 2003 г. он избран членом-корреспондентом НАН Беларуси. За вклад в развитие научных исследований и подготовку научно-педагогических кадров для БГСХА решением ученого совета ему в 2009 г. было присвоено звание «Почетный доктор наук БГСХА». Решением Ученого совета Пловдивского университета пищевых технологий (Болгария, 2010) был избран почетным доктором наук «Хонорис Кауза» С 1995 по 2002 гг. являлся академиком Белорусской инженерной академии. Он был избран также академиком Академии аграрного образования (ААО, Москва, 1995), академиком Международной академии наук высшей школы (МАН ВШ, Москва, 1996) и Международной академии информационных процессов и технологий (МАИПТ, Москва, 1996). В 2008 г. был номинирован Номинаторным Комитетом Европейской Бизнес Ассамблеи совместно с Ученым советом Международного университета г. Вены (Австрия) на получение звания «Почетный профессор Международного университета г. Вены».

Шаршунов В. А. награжден Государственными наградами Республики Беларусь – орденами Почета (2008) и Франциска Скорины (2014), медалью Франциска Скорины (2023) а также за вклад в патристическое воспитание молодежи 5 юбилейными медалями, посвященными Победе советского народа в Великой отечественной войне 1941–1945 гг., Почетными грамотами Верховного совета БССР (1990) и Национального собрания Республики Беларусь (1998), знаком «Отличник образования» (1998), почетными грамотами ряда Министерств и Комитетов Республики Беларусь, Могилевских облисполкома и горисполкома. В 2019 г. за вклад в создание и развитие Могилевской областной организации РОО «Белая Русь» за период с 2007 по 2018 гг. награжден почетным нагрудным знаком этого общественного объединения «Знак Гонару». Является лауреатом специальной премии Могилевского горисполкома «Достижения» (2006). В 2008 г. решением Могилевского облисполкома внесен в «Книгу славы Могилевской области». Лауреат премии Могилевского облисполкома «Человек года» (2011).

Более детально с результатами деятельности юбиляра можно познакомиться в следующих изданиях: «Тридцать пятый ректор академии» (Горки, изд-во БСХА, 1999. – 111 с.), «Дважды ректор» (Могилев: МГУП, 2009. – 136 с.), «Вячеслав Алексеевич Шаршунов. Библиография ученых МГУП» (Могилев: МГУП, 2017. – 174 с.) и «Библиографический указатель монографий, учебных и справочных пособий доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Республики Беларусь, члена-корреспондента НАН Беларуси Шаршунова Вячеслава Алексеевича» (Могилев: БГУТ, 2022. – 68 с.).

В этот славный юбилей мы от всей души желаем Вячеславу Алексеевичу крепкого здоровья, творческих успехов, благополучия, бодрости и радостей в жизни!

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 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

Буць В. И., доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры математического моделирования экономических систем агропромышленного комплекса.

Бушуева В. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры селекции и генетики.

Демичев Д. М., доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой теории и истории права учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет».

Дубежинский Е. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий межвузовской научно-исследовательской лабораторией мониторинга и управления качеством высшего аграрного образования.

Желязко В. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой мелиорации и водного хозяйства.

Карташевич А. Н., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов, автомобилей и машин для природообустройства.

Ленькова Р. К., доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры математического моделирования экономических систем агропромышленного комплекса.

Лихацевич А. П., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, главный научный сотрудник РУНИП «Институт мелиорации НАН Беларуси».

Персикова Т. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения.

Петровец В. Р., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой механизации растениеводства и практического обучения.

Тибец Ю. Л., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, проректор по научной работе.

Цыганов А. Р., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия, академик НАН Беларуси, академик РАСХН, лауреат Государственной премии Республики Беларусь и премии Национальной академии наук Беларуси.

Фрейдин М. З., кандидат экономических наук, профессор, профессор кафедры маркетинга, заслуженный экономист БССР.

Шейко И. П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик НАН Беларуси, первый заместитель генерального директора РУП «НПЦ по животноводству НАН Республики Беларусь», заслуженный деятель науки Республики Беларусь.

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 05.06.2024 Формат 60/84^{1/8}

Усл. печ. л. 21,86 Уч.-изд. л. 17,1 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