

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ**

**ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ**

**КАФЕДРА АГРОНОМИИ, СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА**

# **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

**Сборник научных трудов**  
*Серия «БИОЛОГИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ»*  
*Выпуск 5*



**БРЯНСК-2023**

**УДК 631.86 (06)**

**ББК 41.4**

**А 43**

Актуальные проблемы развития биологизации земледелия и пути их решения: сборник научных трудов. Сер. Биологизация земледелия / под общ. ред. В. Е. Торикова. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. - Вып. 5. - 127 с.

В сборнике научных трудов опубликованы результаты научно-исследовательских работ, посвященных изучению вопросов биологизации земледелия в мире и России, получению биологически ценной продукции растениеводства, развитию научных идей органического земледелия, сохранению и воспроизводству почвенного плодородия в системе адаптивно-ландшафтного земледелия.

Сборник научных трудов размещен в наукометрической базе данных РИНЦ (научной электронной библиотеке eLibrary.RU).

#### **Состав редакционной коллегии:**

**В.Е. Ториков** – отв. редактор, д-р с.-х. наук, профессор, **С.М. Сычев** – д-р с.-х. наук, профессор, **Н.М. Белоус** – д-р с.-х. наук, профессор, **Г.П. Малявко** – д-р с.-х. наук, профессор, **В.В. Дьяченко** д-р с.-х. наук, доцент, **О.В. Мельникова** – д-р с.-х. наук, профессор.

© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2023

© Коллектив авторов, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Ториков В.Е., Осипов А.А., Малышева Е.В.</b> ОСОБО ЦЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ПРОДУКЦИЯ, СЫРЬЁ И ПРОДОВОЛЬСТВИЕ	4
<b>Мельникова О.В.</b> СОЮЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОИЗ- ВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ В РОССИИ	16
<b>Никифоров В.М., Никифоров М.И., Пасечник Н.М.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ	24
<b>Дронов А.В., Бельченко С.А.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЗДАНИЯ СОВМЕЩЁННЫХ ПОСЕВОВ СОРГО КОРМОВОГО И ОЦЕНКА ЕГО СРЕДООБРАЗУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ В АГ- РОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	30
<b>Ануфрик О. М.</b> ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ, МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ВЫ- НОС ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЯМИ ВАЛЕ- РИАНЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ	44
<b>Будаговский А.В., Соловых Н.В., Будаговская О.Н., Янковская М.Б.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ В КУЛЬТУРЕ <i>IN VITRO</i>	50
<b>Маслова М.В., Грошева Е.В., Будаговский А.В., Будаговская О.Н.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКОЛОГИ- ЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ОТ АЛЬТЕРНАРИОЗА ТОМАТА	59
<b>Сидоренко Т.Н., Тихонова Л.Г.</b> ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ В ОРИГИНАЛЬНОМ СЕМЕНОВОДСТВЕ КАРТОФЕЛЯ	69
<b>Ториков В.Е., Мельникова О.В., Шпилев Н.С.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В БИОЛОГИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ТРИТИКА- ЛЕ	76
<b>Бельченко С.А, Дронов А.В., Малявко Г.П., Осипов А.А.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ОЗИМОЙ РЖИ И ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ БРЯН- СКОЙ ОБЛАСТИ	83
<b>Анищенко Л. Н., Шаповалов В.Ф., Поцепай С. Н., Ториков В.Е.</b> БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ГОМЕОСТАЗА ЕСТЕ- СТВЕННЫХ И СЕЯНЫХ ЛУГОВ В НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ РФ	99
<b>Долгополова Н.В., Батраченко Е.А., Козлова Г.В.</b> РОЛЬ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ЕСТЕСТВЕННЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ В КУРСКОЙ ОБЛАСТИ	115

**ОСОБО ЦЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ  
ПРОДУКЦИЯ, СЫРЬЁ И ПРОДОВОЛЬСТВИЕ**  
*Especially Valuable Agricultural Products, Raw Materials And Food*

<sup>1</sup>**Ториков В.Е.**, доктор с.-х. наук, профессор, *torikov@bgsha.com*  
*Torikov V.E.*

<sup>1</sup>**Осипов А.А.**, канд. с.-х. н., *Osipov A.A.*

<sup>2</sup>**Мальшева Е.В.**, канд. с.-х. наук, доцент  
*Malysheva E.V.*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»  
*Bryansk State Agrarian University*

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Курская государственная сельскохозяйственная академия  
*Kursk State Agricultural Academy*

**Аннотация.** В статье представлена необходимость развития адаптивного растениеводства в России, дан обзор законодательной базы в области производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками. В статье указано, что адаптивная стратегия растениеводства обеспечивает не только максимальную продуктивность культурных растений, но и устойчивый рост производства продукции при одновременном снижении энергозатрат и нарушений сельскохозяйственного ландшафта. Адаптивность растениеводства заключается в соответствии биологических требований возделываемых сортов или гибридов почвенно-климатическим условиям данного региона. В связи с этими подходами возникла необходимость производства особо ценной сельскохозяйственной продукции в РФ и оценки ее качества. Это повлекло принятие Федерального закона «О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками».

**Abstract.** *The article presents the need for the development of adaptive crop production in Russia, provides an overview of the legislative framework in the field of production of agricultural products, raw materials and food with improved characteristics. The article states that the adaptive strategy of crop production provides not only maximum productivity of cultivated plants, but also a steady increase in production while reducing energy consumption and disturbances of the agricultural landscape. The adaptability of crop production lies in the compliance of the biological requirements of cultivated varieties or hybrids with the soil and climatic conditions of the region. In connection with these approaches, it became necessary to produce especially valuable agricultural products in the Russian Federation and assess its quality. This led to the adoption of the Federal Law "On agricultural products, raw materials and food with improved characteristics".*

**Ключевые слова:** особо ценная продукция, сельхозпродукция, экопродукция, экомаркировка, адаптивное растениеводство.

**Keywords:** *especially valuable products, agricultural products, eco-products, eco-labeling, adaptive crop production.*

Разработка фундаментальных и прикладных проблем и внедрение современных технологий для производства особо ценной сельскохозяйственной продукции требует учета агроэкологических основ земледелия в каждом конкретном регионе ее производства. Вопросы экологически безопасного адаптивного растениеводства следует рассматривать как совокупность звеньев или их цепей: растение – почва – растительный покров, агроэкосистема – агроурочище, участок ландшафта – биосфера.

Адаптивная стратегия растениеводства обеспечивает не только максимальную продуктивность культурных растений, но и устойчивый рост производства продукции при одновременном снижении энергозатрат и нарушений сельскохозяйственного ландшафта. Адаптивность растениеводства заключается в соответствии биологических требований возделываемых сортов или гибридов почвенно-климатическим условиям данного региона. Кроме того, адаптивное растениеводство – это управление ростом и развитием культурных растений на основе информации о состоянии растений в данный момент.

В адаптивном растениеводстве каждая информация о состоянии растений, является основой той или иной технологической операции в примерно такой же последовательности. Необходима агроэкологическая оценка соответствия параметров среды потребностям культурного растения, их состояния и взаимодействия с агроклиматическими ресурсами.

Задачей адаптивного растениеводства является поэтапное достижение оптимальных условий реализаций генетического потенциала культурного растения соответственно целям человека. Поэтому составление программы получения биологически ценного урожая базируется не только на границах устойчивости культурного растения по каждому отдельному фактору среды, но и на определении, и обеспечении условий для потенциальной продуктивности растений в конкретных условиях возделывания [1, 2].

Формирование адаптивной структуры посева необходимо для подавления сорных растений, регулирования светового, ветрового, газового и водного режимов. Недостатки и противоречия современного земледелия определяются многими объективными и субъективными причинами, ведущими к снижению его адаптивности. В первую очередь это касается субъективных и экономических факторов нарушения севооборотов, несоответствия воздействий на грунт экологическим потребностям существующих и последующих культурных растений в севообороте, применение мер, которые неблагоприятно влияют на определенные агробиоценозы.

Задача в реализации потенциальных возможностей сортов и гибридов достаточно сложные, особенно когда эти формы культурных растений не имеют широкой экологической валентности в условиях той или иной почвенно-климатической зоны. Поэтому разница между устойчивостью и урожайностью сортов и гибридов на участках селекционно-генетических учреждений, гос-сортиспытания и в условиях производства остается пока достаточно ощутимой.

В адаптивном растениеводстве необходим подбор видов сортов и гибридов культурных растений в соответствии с качественными особенностями и состоянием конкретных экотипов (участков, полей, севооборотов). В основу адаптивной технологии положен полный или частичный отказ от синтетических удобрений, пестицидов и регуляторов роста. Комплекс экологических и агротехнических мероприятий базируется на строгом соблюдении научно-обоснованной структуры сельскохозяйственных угодий, севооборотов, насыщенных бобовыми культурами, сохранении растительных остатков, широком применении навоза, компостов и сидератов, проведении механической обработки почвы.

Естественной базой и проблемно-ориентировочным направлением адаптации агроэкосистем в рыночных условиях является применение экономических механизмов, как предпосылки практической реализации концепции адаптивного земледелия. Итак, адаптивное земледелие и является таким направлением прикладной экологии почв и культурных растений, которые нацелены на реализацию их экологических и генетических возможностей на благо человека. В развитии современного адаптивного растениеводства речь идет о внедрении научно-обоснованных адаптивных севооборотах, обеспечивающих максимально возможную урожайность и высокое качество производимой продукции.

Адаптивное растениеводство является таким направлением современного земледелия, которое минимизирует механические воздействия на почву и нацелено на формирование такой адаптивной структуры почвы, близкой к естественной и видовой специфичности по плодородию с учетом требований культурного растения.

В связи с этими подходами возникла необходимость производства особо ценной сельскохозяйственной продукции в РФ и оценки ее качества. Принятие Федерального закона «О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками» (далее - Федеральный закон) определяется созданием законодательной базы для формирования унифицированной нормативной базы, объединенной общим подходом к обращению сельскохозяйственной продукции с улучшенными характеристиками, оценке соответствия, маркировке и требованиям к такой продукции, сырью и продовольствию. Единый подход к терминологии, техническим требованиям, производству, упаковке, маркировке сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками позволит создать систему доказательной базы отличительных свойств сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия.

Законопроект направлен на повышение доступности для населения продукции сельского хозяйства, обладающей улучшенными характеристиками, а также информации о такой продукции. Он устанавливает правовые основы создания российского бренда сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками, определяющими, в том числе конкурентные отличия российского производителя на экспортном рынке, что будет способствовать реализации целей национального проекта (программы) «Международная кооперация и экспорт» (утвержден протоколом президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и

национальным проектам (от 24 декабря 2018 г. № 16) в части увеличения экспорта продукции агропромышленного комплекса.

Предметом законопроекта являются отношения, связанные с производством, хранением, транспортировкой, маркировкой и реализацией сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками, подтверждением их соответствия.

Применяемое в законопроекте словосочетание «сельскохозяйственная продукция, сырье и продовольствие с улучшенными характеристиками» применено как аналог мировой экомаркировки для доведения до потребителя информации об улучшенных аспектах продукции.

С учетом активного роста присутствия России на мировых рынках фактор конкуренции и ее ужесточения начинает играть все большую роль. Создание бренда сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками позволяет «монетизировать» следующие фундаментальные преимущества ведения сельского хозяйства в Российской Федерации: полный запрет на использование генно-инженерно-модифицированных организмов; низкую интенсивность применения пестицидов (в среднем 1,55 кг/га пестицидов, что значительно ниже уровня большинства государств - экспортеров сельскохозяйственной продукции); низкий уровень содержания тяжелых металлов в минеральных удобрениях (производимые в России фосфорсодержащие минеральные удобрения обладают более низким содержанием токсичных элементов, чем нормируемые опубликованным в июне 2019 года законодательством Европейского союза (кадмий, ртуть, мышьяк, свинец, никель, хром (VI)); низкую интенсивность использования значительной части сельскохозяйственных земель.

Так, в США с целью информирования потребителей об улучшенных характеристиках продукции предусмотрены четыре категории продуктов по «органичности». К первой категории – «*100% Organic*» - относятся продукты, на 100% состоящие из органических ингредиентов. На их упаковке, соответственно, указывается информация о 100-процентном содержании органических ингредиентов и изображен знак органического сельского хозяйства США. Вторая группа – «*Organic*» - включает товары, содержание органических ингредиентов в которых составляет 95 - 99% веса (без учета воды и соли). На их упаковке написано «органический» и изображен знак органического сельского хозяйства. Если содержание органических ингредиентов составляет от 70 до 90% (третья категория), то на упаковке разрешено писать «произведено при использовании органических ингредиентов» («*Made with Organic*»), но знак органического сельского хозяйства США на упаковке изображать запрещено. К четвертой группе относятся продукты, в которых содержится менее 70% органических компонентов. На продуктах четвертой группы запрещено писать слово «органический», однако, если данный продукт содержит органические составляющие, они могут быть перечислены на задней стороне упаковки.

В КНР существует три типа сертифицируемой продукции: "*экологически чистая сельскохозяйственная продукция*", "*зеленая продукция*" и "*органическая продукция*". "Зеленая продукция" в КНР распределяется на две категории: класс

"А" и класс "АА". При производстве "зеленой продукции" класса "А" допускается ограниченное использование удобрений химического происхождения и пестицидов для почвы.

Под улучшенными характеристиками в законопроекте предлагается понимать качественные и количественные показатели сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, определяемые документами по стандартизации на сельскохозяйственную продукцию, сырье и продовольствие с улучшенными характеристиками. Перечень документов по стандартизации сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками, определяющих качественные и количественные показатели сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками, методы ее исследования (испытаний), измерений, правила сертификации, утверждается Правительством Российской Федерации.

Также понятийный аппарат законопроекта содержит определения таких используемых в законопроекте понятий, как "улучшенная сельскохозяйственная продукция", "улучшенное сырье" и "улучшенное продовольствие".

Целями правового регулирования отношений в области производства, хранения, транспортировки, маркировки и реализации сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками, подтверждением их соответствия в соответствии с законопроектом являются:

- содействие устойчивому развитию сельского хозяйства;
- развитие внутреннего рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия;
- повышение конкурентоспособности произведенных на территории Российской Федерации сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на зарубежных рынках.

Исходя из указанных целей также определены основные задачи, которые должны быть решены посредством применения положений законопроекта. К числу таких задач относятся:

- защита прав потребителей;
- создание условий для удостоверения соответствия сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками;
- создание условий для применения маркировки, являющейся отличительным признаком сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками;
- предоставление мер государственной поддержки производителям сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками.

Предлагаемый законопроектом механизм правового регулирования обозначенных выше отношений состоит, прежде всего, в установлении основных требований, которым должны соответствовать сельскохозяйственная продукция, сырье и продовольствие с улучшенными характеристиками (часть 1 статьи 4 законопроекта). Создание системы документов по стандартизации на сельскохозяйственную продукцию, сырье и продовольствие с улучшенными характеристиками обеспечит доказательную базу отличительных улучшенных харак-

теристик такой продукции и достоверное информирование потребителя о ней как на российском рынке, так и на зарубежных рынках.

Применение химических средств защиты растений (далее – ХСЗР), пестициды) оказывает неблагоприятное воздействие на окружающую среду и человека вследствие того, что большинство пестицидов являются ядами в чистом виде, в отличие от минеральных удобрений.

Вещества, содержащиеся в пестицидах, способны накапливаться в почве, попадать в водоемы, а затем в организм человека и животных. Токсическое действие пестицидов на человека проявляется в основном в результате употребления пищевых продуктов или воды с остатками пестицидов.

В международном сообществе существуют разные классификации пестицидов по степени опасности для человека и окружающей среды.

В Российской Федерации в соответствии с нормативами СанПиН 1.2.2584-10 «Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения, обезвреживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов» установлены четыре класса опасности пестицидов: чрезвычайно опасные, высоко опасные, умеренно опасные и мало опасные.

Установление класса опасности производится на основе полной токсиколого-гигиенической оценки пестицидов с учетом критерия, определяющего наибольшую их опасность для здоровья человека.

Учитывая высокую опасность ХСЗР для человека и окружающей среды, а также создание положительного имиджа Российской Федерации как производителя и поставщика сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками, предлагается при их производстве установить следующее требование - применение умеренно опасных и (или) мало опасных пестицидов, которые позволят минимизировать негативное воздействие на человека и окружающую среду. Установление критерия применения умеренно опасных и малоопасных пестицидов в начале цепочки производства пищевой сельскохозяйственной продукции и продуктов питания обеспечит заведомо более низкое воздействие на окружающую среду, чем при применении пестицидов более высоких классов опасности. При этом законопроект будет содержать требования к классу опасности применяемых пестицидов на основе действующего нормативного документа, что упростит применение закона для производителя сельскохозяйственной продукции и продовольствия.

Законопроектом предусматривается, что удостоверение соответствия сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками документам по стандартизации сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками осуществляется в форме добровольной сертификации в порядке, установленном статьей 21 Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ "О техническом регулировании".

При этом добровольное подтверждение соответствия сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками не заменяет обязательного подтверждения соответствия сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками в слу-

чаях, предусмотренных актами, составляющими право Евразийского экономического союза, и законодательством Российской Федерации (часть 3 статьи 5 законопроекта), что в полной мере соответствует одному из принципов подтверждения соответствия, установленных частью 1 статьи 19 Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ "О техническом регулировании", а именно недопустимости подмены обязательного подтверждения соответствия добровольной сертификацией, суть которого состоит в том, что продукция, которая проходит процедуру добровольной сертификации, в любом случае должна также пройти проверку в отношении соблюдения обязательных требований к такой продукции и процессам ее производства, установленных техническими регламентами [3-6].

После прохождения добровольной сертификации и получения сертификата соответствия производители сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками приобретают возможность использования для маркировки сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками графического изображения (знака) единого образца, форма и порядок использования которого будут определены федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере агропромышленного комплекса и рыболовства.

При размещении указанной маркировки на упаковке, потребительской или транспортной таре продукции, соответствие которой не подтверждено или действие сертификата соответствия которой приостановлено либо прекращено, производители такой продукции будут нести ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации. Речь будет идти об административной ответственности, предусмотренной частью 2 статьи 14.7 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях, которая позволит обеспечить недопустимость использования маркировки в отношении продукции, не прошедшей сертификацию.

Для информирования потребителей о производителях сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками и видах производимой ими продукции законопроектом предусматривается создание единого государственного реестра производителей сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками (далее - реестр), ведение которого будет осуществляться федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере агропромышленного комплекса и рыболовства, с использованием федеральных государственных информационных систем.

Сведения, содержащиеся в реестре, будут являться общедоступными и размещаться на официальном сайте указанного федерального органа исполнительной власти, в том числе в форме открытых данных.

Информация о наличии или об отсутствии сведений о производителях сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками в реестре также будет предоставляться любым заинтересован-

ным лицам бесплатно в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере агропромышленного комплекса и рыболовства.

В целях обеспечения удобства для потребителей и возможности оперативного информирования о товаре, относящемся к сельскохозяйственной продукции, сырью и продовольствию с улучшенными характеристиками, при нанесении маркировки такой продукции должно обеспечиваться формирование кода (QR-кода) для создания возможности удаленного получения с использованием технических средств сведений о производителях сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками и видах производимой ими сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками, содержащихся в реестре.

Формирование QR-кодов, а также нанесение их на упаковку сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками будут осуществляться соответствующим хозяйствующим субъектом-производителем такой продукции. Для формирования QR-кода возможно безвозмездно применять любой генератор QR-кода из открытых источников в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (свободно распространяемое программное обеспечение) путем использования ссылки на информацию о производителе сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками и видах производимой им сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками, содержащуюся в реестре.

Таким образом, в результате применения положений законопроекта будут созданы предпосылки для использования отечественными производителями сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия дополнительных способов повышения качества конечной продукции, а потребители этой продукции получат возможность разграничения товаров с улучшенными характеристиками и иных товаров посредством специальной маркировки.

Отложенный срок вступления Федерального закона в силу обусловлен необходимостью принятия ряда подзаконных нормативных правовых актов, необходимых для реализации Федерального закона, до вступления его в силу.

Законопроект соответствует положениям Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 г. и иным международным договорам Российской Федерации. Законопроект не окажет влияния на достижение целей государственных программ Российской Федерации.

В законопроекте присутствуют обязательные требования в отношении маркировки только той сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками, на которую получен сертификат соответствия. Соблюдение указанных требований проверяется при осуществлении федерального государственного надзора в области защиты прав потребителей. При размещении указанной маркировки на упаковке, потребительской или транспортной таре продукции, соответствие которой не подтверждено или действие сертификата соответствия которой приостановлено либо прекращено,

производители такой продукции будут нести ответственность в соответствии с частью 2 статьи 14.7 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях.

Принятие Федерального закона не потребует дополнительных расходов средств федерального бюджета и иных бюджетов бюджетной системы Российской Федерации.

Реализация Федерального закона не приведет к увеличению расходов федерального бюджета или к необходимости перераспределения средств с действующих направлений государственной поддержки. Государственная поддержка производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками будет осуществляться в рамках действующих мероприятий, предусмотренных Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717.

Реализация положений Федерального закона в части осуществления полномочий федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере агропромышленного комплекса и рыболовства, будет осуществляться в пределах установленной Правительством Российской Федерации предельной численности работников, а также бюджетных ассигнований, предусмотренных в федеральном бюджете на руководство и управление в сфере установленных функций.

Комитетом Государственной Думы по аграрным вопросам был рассмотрен проект федерального закона № 1087686-7 «О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками».

Законопроект разработан в рамках исполнения поручений Президента Российской Федерации от 13 февраля 2020 г. № Пр-234ГС (часть вторая подпункта «а» пункта 1 перечня) по итогам заседания Государственного совета Российской Федерации 26 декабря 2019 г., Правительства Российской Федерации от 19 февраля 2020 г. № ВА-П11-1083 (пункт 2), пункта 7 плана мероприятий по созданию российских защищенных брендов экологически чистой сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденного Правительством Российской Федерации 1 июля 2019 г. №5960п-П11.

Предметом законопроекта являются отношения, связанные с производством, хранением, транспортировкой, маркировкой и реализацией сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками, подтверждением их соответствия. Законопроект направлен на повышение доступности для населения продукции сельского хозяйства, обладающей улучшенными характеристиками, а также информации о такой продукции.

Целями правового регулирования отношений в области производства, хранения, транспортировки, маркировки и реализации сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками, подтверждения их соответствия в соответствии с законопроектом являются:

- содействие устойчивому развитию сельского хозяйства;

- развитие внутреннего рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия;

- повышение конкурентоспособности произведенных на территории Российской Федерации сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на зарубежных рынках.

Законопроект устанавливает правовые основы для создания российского бренда сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками, определяющие, в том числе, конкурентные отличия российского производителя на экспортном рынке.

Наиболее жесткие требования к «зеленой» продукции установлены в странах Европейского союза. В этой связи, гармонизация Российской Федерации требований к «зеленой продукции» с требованиями Евросоюза позволит обеспечить доступ российской «зеленой» продукции не только на рынок ЕС, но и на товарные рынки стран с более низкими требованиями (в том числе на рынок Китайской народной республики).

Исходя из указанных целей также определены основные задачи, которые должны быть решены посредством применения положений законопроекта. К числу таких задач относятся:

- 1) защита прав потребителей;
- 2) создание условий для удостоверения соответствия сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками;
- 3) создание условий для применения маркировки, являющейся отличительным признаком сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками;
- 4) предоставление мер государственной поддержки производителям сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками.

Законопроектом предусматривается, что удостоверение соответствия сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками документам по стандартизации сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками осуществляется в форме добровольной сертификации в порядке, установленном статьей 21 Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Вместе с тем, Комитет отмечает необходимость ускоренной разработки и принятия соответствующих стандартов, в том числе, учитывающих особенности производства улучшенной сельскохозяйственной рыбной продукции, продукции аквакультуры, и иной продукции из водных биологических ресурсов, производство, хранение, транспортировка и реализация которой соответствует требованиям, установленным статьей 4 законопроекта.

В соответствии с законопроектом после прохождения добровольной сертификации и получения сертификата соответствия производители сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками приобретают возможность использования для маркировки сельскохо-

зяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками графического изображения (знака) единого образца.

Для информирования потребителей о производителях сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками и видах производимой ими продукции законопроектом предусматривается создание единого государственного реестра производителей сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с улучшенными характеристиками.

В соответствии с Пояснительной запиской в результате принятия законопроекта будут созданы условия для использования отечественными производителями сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия дополнительных способов повышения качества конечной продукции, а потребители этой продукции получают возможность разграничения товаров с улучшенными характеристиками и иных товаров посредством специальной маркировки.

Вместе с тем, Комитет отмечает необходимость дополнительного обоснования расширения перечня направлений государственной поддержки в сфере развития сельского хозяйства.

Законопроект поддержан Комитетом соисполнителем по природным ресурсам, собственности и земельным отношениям. Законопроект поддержан Комитетом Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию.

Счетная палата Российской Федерации поддерживает принятие законопроекта. Комитет Государственной Думы по аграрным вопросам поддерживает проект федерального закона 1087686-7 «О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками».

Основной целью возможной адаптации российского законодательства к международному правовому регулированию обращения «зеленых» брендов является продвижение российских товаров на целевые международные рынки, снятие дополнительных административных барьеров при экспорте. Основанием для выбора направления адаптации законодательства является определение места создаваемого бренда «зеленой» продукции в условной иерархии аналогичных международных брендов.

### **Библиографический список**

1. Биологизация земледелия - важнейшее направление ресурсосбережения в АПК России / В.Е. Ториков, Н.А. Соколов, В.В. Ториков, А.А. Осипов // Биологизация и продовольственная безопасность - векторы развития современного АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2019. С. 107-124.

2. Брянская область – регион с интенсивно развивающимся АПК / Н.М. Белоус, С.А. Бельченко, В.Е. Ториков, А.А. Осипов, В.В. Ковалев // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 1. С. 3-11.

3. Об утверждении порядка маркировки в виде графического изображения (знака соответствия) улучшенных сельскохозяйственной продукции, продовольствия, промышленной и иной продукции единого образца, а также указанного изображения и требований к такой маркировке: приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 11 февраля 2022 г. № 70.

4. Об утверждении порядка ведения единого государственного реестра производителей сельскохозяйственной продукции, продовольствия, промышленной и иной продукции с улучшенными характеристиками, перечня размещаемых в информационно-телекоммуникационных сетях общего пользования, в том числе в сети "интернет", сведений и информации, содержащихся в указанном реестре, а также перечня информации, размещаемой в форме открытых данных: Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 11 февраля 2022 г. № 71.

5. Перечень документов по стандартизации на улучшенные сельскохозяйственную продукцию, продовольствие, промышленную и иную продукцию, определяющих их качественные и количественные показатели, методы их исследования (испытания), измерений, правила их сертификации: распоряжение Правительства Российской Федерации от 26 февраля 2022 г. № 330-р.

6. О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками: федер. закон принят Государственной Думой 1 июня 2021 года. Одобрен Советом Федерации 2 июня 2021 года.

7. Васькин В.Ф., Коростелева О.Н. Потребление продуктов питания и состав расходов на продовольствие жителей Брянской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3. С. 47-54.

8. Васькин В.Ф., Коростелева О.Н., Кузьмицкая А.А. Продовольственное самообеспечение как фактор продовольственной безопасности региона // Экономика и предпринимательство. 2022. № 4 (141). С. 567-572.

9. Развитие АПК Брянской области - 2022 год / Сычев С.М., Бельченко С.А., Малявко Г.П., Дронов А.В., Осипов А.А. // Современные тенденции развития аграрной науки. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Брянский государственный аграрный университет. 2022. С. 28-35.

10. Ториков В.Е., Мельникова О.В. Производство продукции растениеводства. Сер. Учебники для вузов. Специальная литература. (Издание третье, стереотипное) Санкт-Петербург, 2019.

11. Природные ресурсы растениеводства западной части европейской России / Белоус Н.М., Малявко Г.П., Мамеев В.В., Просянников Е.В., Ториков В.Е. Коллективная монография: в двух частях / Том Часть 1 Современное состояние. Брянск, 2020.

12. Просянников Е.В., Малявко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области // Агрохимический вестник. 2021. № 6. С. 45-49.

**СОЮЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЕ  
ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ В РОССИИ**  
*Organic Farming Union and Regulation Production of Organic Products  
in Russia*

**Мельникова О.В.**, доктор с.-х. наук, профессор, *Torikova1999@mail.ru*  
*Melnikova O.V.*

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»  
*Bryansk State Agrarian University*

**Аннотация.** В данной статье приводится информация о создании и функционировании в России организации «Союз органического земледелия» и законодательном регулировании производства органической продукции в нашей стране. Отмечается, что технологии, применяемые в производстве органической продукции, существенно отличаются от технологий, применяемых в традиционном сельском хозяйстве. В частности, при ведении органического сельского хозяйства ограничивается применение агрохимикатов, пестицидов, антибиотиков, стимуляторов роста, откорма животных, гормональных препаратов, генно-модифицированных организмов и т.д. Союз органического земледелия – крупнейшее российское независимое общественное движение за органическое сельское хозяйство и биологизацию земледелия, здоровые, натуральные продукты, безопасную окружающую среду, справедливую цену для фермеров, развитие села.

**Abstract.** *This article provides information about the creation and functioning of the organization in Russia "Union of Organic Farming" and the legislative regulation of the production of organic products in our country. It is noted that the technologies used in the production of organic products differ significantly from the technologies used in traditional agriculture. In particular, when conducting organic agriculture, the use of agrochemicals, pesticides, antibiotics, growth stimulants, animal fattening, hormonal drugs, genetically modified organisms, etc. is restricted. The Union of Organic Agriculture is the largest Russian independent social movement for organic agriculture and the biologization of agriculture, healthy, natural products, a safe environment, a fair price for farmers, rural development.*

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, союз органического земледелия, органическая продукция, экологическая сертификация

**Keywords:** *agriculture, organic farming union, organic products, environmental certification*

*«...Биологическое ведение сельского хозяйства станет значительным вкладом в достижение цели охраны окружающей среды, даже если в сельскохозяйственном и производственном аспектах это не всегда кажется оправданным».*

*Гюнтер Кант*

Экологическое сельское хозяйство направлено на производство органической продукции и включает в себя два основных направления:

-органическое сельское хозяйство, где полностью запрещено применение химических средств защиты растений;

-биологическое земледелие, которое, помимо различных приемов восстановления и поддержания плодородия почвы, предполагает снижение пестицидной нагрузки [1].

Органическое сельское хозяйство сегодня – это устойчивая мировая система, с четко сформулированными принципами, идеологией, стандартами производства, узнаваемыми общепринятыми маркировками, доверием потребителей. Во многих странах мира, в том числе в России, органическое сельское хозяйство регулируется законодательно. В систему органического сельского хозяйства вовлечены сельхозпроизводители, кооперативы, переработчики, торговые сети и магазины, наука и инновации. Органическое сельское хозяйство успешно пережило мировые финансовые кризисы. Этот сектор АПК не снижал продажи в трудные времена, что говорит о гибкости и жизнеспособности системы. Идеология системы также выдержала испытания временем и критикой на разных континентах. Она остается неизменной десятилетиями. Органическое сельское хозяйство формировалось постепенно под влиянием научных трудов в разных частях света. Системообразующим элементом системы стала научно обоснованная работа с почвой и отношение к ней, как к возобновляемому ресурсу. Именно в этом секрет устойчивости системы, ведь проблемы с почвой со временем только нарастают, причем во всем мире и в глобальных масштабах.

Технологии, применяемые в производстве органической продукции, существенно отличаются от технологий, применяемых в традиционном сельском хозяйстве. В частности, при ведении органического сельского хозяйства ограничивается применение агрохимикатов, пестицидов, антибиотиков, стимуляторов роста, откорма животных, гормональных препаратов, генномодифицированных организмов и т.д. [1].

Специалисты называют следующие основные проблемы, возникающие в результате химизации, но которые решает органическое сельское хозяйство:

- снижение почвенного плодородия;
- дефицит питательных веществ почвы;
- разрушение почвенного микробиоценоза (гибель полезных почвенных микроорганизмов от химических пестицидов), как следствие, снижение супрессивности почвы (способности противостоять болезням);
- различные виды деградации почвы (засоление, ветровая эрозия, заболачивание, опустынивание и др.);
- гибель полезных энтомофагов;
- уменьшение количества и активности дождевых червей;

- разрушение структуры почвы, нарушение аэрации и способности удерживать воду;

- резистентность болезней и вредителей к действующим веществам пестицидов;

- снижение качества продукции.

Таким образом, сельхозпроизводитель, который переходит на органическое производство получает следующие, научно доказанные преимущества:

- естественное плодородие почвы на протяжении многих лет;

- сохранение влаги в почве;

- снижение фитопатогенного фона в почве, снижение болезней растений;

- более хорошую структуру почвы, обеспечивающую хорошее питание и защиту от процессов деградации;

- отсутствие резистентности болезней и вредителей к биологическим средствам защиты растений;

- сохранение природных энтомофагов;

- снижение влияния климатических стрессов растений за счет улучшения их иммунитета;

- улучшение качественных характеристик продукции (вкус, запах, содержание витаминов, минералов, микроэлементов и др. показателей);

- улучшение лежкости продукции;

- собственное здоровье и здоровье работников за счет избегания контакта с химическими пестицидами.

Следующим системообразующим элементом в развитии системы органического сельского хозяйства стал запрос потребителей на свежие, натуральные, здоровые продукты. На безжизненной почве, лишенной плодородия, не вырастить здоровую, биологически полноценную продукцию. Химическая стимуляция дает кратковременный эффект и имеет большие отрицательные масштабные долгосрочные последствия. Кроме того, в органическом сельском хозяйстве запрещено использовать ГМО, антибиотики, гормоны роста, химические пестициды и удобрения, химические пищевые добавки. Это именно то, что хочет потребитель. Задачи сельхозпроизводителей по поддержанию естественного плодородия почв совпали с задачами потребителей по получению экологически безопасного, здорового питания. Выбирая органические продукты, потребитель получает конкретную пользу для себя.

Химические пестициды, удобрения, антибиотики из сельскохозяйственного производства попадают в окружающую среду, разносятся через воду и воздух на большие расстояния и как химические бумеранги возвращаются в продукты питания. Дикие птицы, животные, млекопитающие, насекомые и рыбы массово гибнут от воздействия химических пестицидов. Особенно страшна гибель пчел и опылителей.

Есть известная фраза, которую приписывают Альберту Эйнштейну: «Если на Земле исчезнут пчелы, то через четыре года исчезнет и человек. Не будет пчел — не будет опыления, не будет растений, не будет животных, не будет человека». В России за последние 10 лет количество пчел сократилось на 40 %.

На сельское хозяйство приходится 1/3 всех загрязнений окружающей среды. По данным Всемирной организации здравоохранения, здоровый образ жизни складывается на 50% из качественного и правильного питания, на 25-30% из здоровой окружающей среды, на 20-25% от наследственности и лишь на 5% из медицины [5].

В России в сентябре 2013 года создана Ассоциация физических и юридических лиц по развитию органического сельского хозяйства «Союз органического земледелия» с целью контроля за производством и качеством производимой органической продукции [6].

Союз органического земледелия – крупнейшее российское независимое общественное движение за органическое сельское хозяйство и биологизацию земледелия, здоровые, натуральные продукты, безопасную окружающую среду, справедливую цену для фермеров, развитие села.

Эта организация имеет официальный сайт <https://soz.bio/o-soyuze>, на котором имеется вся информация о деятельности Ассоциации «Союз органического земледелия» (рис. 1).

Союз органического земледелия официальный партнер Минсельхоза России, член Общественного совета Минсельхоза РФ, партнер ФГБУ «Россельхозцентр», АНО «Роскачество», ВНИИ БЗР и др. Участник рабочих групп по органическому сельскому хозяйству Правительства России, Совета Федерации ФС РФ, Минсельхоза России, Евразийской экономической комиссии, Росаккредитации, Росстандарта, участник технического комитета ТК 040 «Продукция органического производства». Член международной федерации за органическое сельское хозяйство IFOAM, член международной технологической платформы TP Organic.

Основная миссия Союза – здоровье почв, экосистем и людей (рис. 2).

С января 2020 года в России вступил в силу Федеральный закон об органической продукции №280-ФЗ. Согласно данному закону, в России признается как органическая продукция, только продукция, соответствующая ГОСТ 33680-2016. Подтверждать статус «ОРГАНИК» должны органы по сертификации, аккредитованные Росаккредитацией [2].

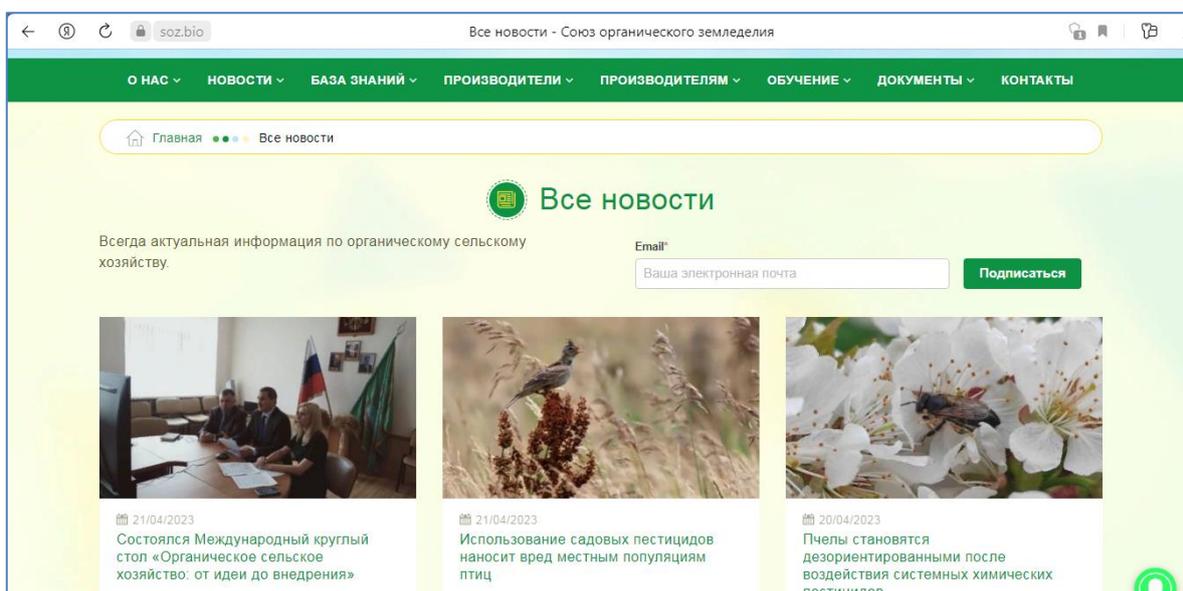


Рис. 1. Официальный сайт организации «Союз органического земледелия»



Рис. 2. Миссия Союза органического земледелия на официальном сайте

Критерии, которым должно отвечать производство органической продукции, получающей российский знак «ОРГАНИК», определены межгосударственным стандартом ГОСТ 33980-2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации» [3].

Предусмотренная Законом маркировка органической продукции включает в себя комбинацию надписей и графического изображения (знака) органической продукции (рис. 3) единого образца на упаковке, потребительской и транспортной таре органической продукции или на прикрепленных к ней либо помещенных в нее иных носителях информации. Надписи, используемые для маркировки органической продукции, могут содержать слово «органический», а также его сокращения или слова, производные от этого слова, отдельно либо в сочетании с наименованием органической продукции.



Рис. 3. Российский знак органической продукции

Российский знак органической продукции состоит из изображения (белый лист на зеленом фоне с надписью «ОРГАНИК» на кириллице и латинице) и средства идентификации органической продукции в виде двухмерного штрихового кода [6, 7].

В случае размещения маркировки, являющейся отличительным признаком органической продукции, на упаковке, потребительской, транспортной таре продукции, соответствие производства которой не подтверждено в соответствии со статьей 5 Закона или действие сертификата соответствия производства которой приостановлено либо прекращено, производитель такой продукции, разместивший указанную маркировку, несет ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации. Подтверждение соответствия органической продукции осуществляется в форме добровольной сертификации. ГОСТ Р 57022–2016. «Продукция органического производства. Порядок проведения добровольной сертификации органического производства» регламентирует порядок проведения соответствующей сертификации. Сертификацию осуществляют органы по сертификации, аккредитацию которых проводит Росаккредитация.

Федеральный закон №280-ФЗ регулирует производство, хранение, транспортировку, маркировку и реализацию органической сельскохозяйственной продукции. Он не распространяется на парфюмерно-косметическую продукцию, дикоросы, лекарственные травы, рыбную продукцию (помимо аквакультуры). Право сертифицировать производителей органической продукции имеют органы по сертификации, которые прошли аккредитацию в Федеральной службе по аккредитации (Росаккредитация) по межгосударственному стандарту ГОСТ 33980-2016. Таких органов по сертификации на данный момент семь. Их актуальный список можно посмотреть на сайте Союза органического земледелия в разделе «Документы».

В 2020 году в России создан и действует единый государственный реестр производителей органической продукции по российским стандартам (приказ Минсельхоза РФ №633 от 19.11.2019). Ведет его Минсельхоз России. Согласно закону №280-ФЗ, производителями органической продукции признаются физические и юридические лица, которые внесены в единый государственный реестр. Основанием для включения в реестр служит сертификат соответствия ГОСТ 339-80-2016, выданный аккредитованным органом по сертификации.

Получить сведения из единого государственного реестра производителей

органической продукции могут все желающие бесплатно. Сведения, которые возможно узнать из единого государственного реестра: название компании-производителя, место производства, объемы и виды производимой продукции, номер и сроки действия сертификата. После включения компании-производителя в государственный реестр, продукция может маркироваться единым государственным логотипом органической продукции.

Все другие сельхозпредприятия, не имеющие статус «органик», не могут маркировать так свою продукцию, не могут наносить единый государственный знак органик на маркировку.

Наносить на маркировку знак «ОРГАНИК» могут только те сельхозпредприятия, которые внесены в единый государственный реестр производителей органической продукции.

Таким образом, в России выстроена прозрачная вертикаль контроля за всем жизненным циклом производства и сертификации органической сельскохозяйственной продукции в соответствии с ГОСТ 339-80-2016:

- Органы по сертификации получают аккредитацию по национальному стандарту ГОСТ 33980-2016 в Росаккредитации.
- Производители проходят сертификацию у аккредитованных органов по сертификации.
- Переходный период длится 1-3 года. Все это время продукция не имеет статус «органик».
- Орган по сертификации выдает производителю сертификат.
- Минсельхоз России вносит производителя в единый государственный реестр производителей органической продукции.
- Производитель маркирует свою продукцию единым государственным знаком органической продукции.

Интересы потребителей российской органической продукции юридически защищены. Они могут быть уверены, что производство продукции, маркированной государственным знаком органик было проверено на всем жизненном цикле от поля до прилавка компетентными органами по сертификации. И производитель, и орган по сертификации несут юридическую ответственность за достоверность данных.

Согласно федеральному закону №280-ФЗ, в России не признаются международные стандарты органик. Равно как и в мире не признается российский органический стандарт. Поэтому российские экспортеры органической продукции оказались вне правового поля. Они продолжают и будут продолжать проходить сертификацию по международным стандартам стран ЕС (регламенты EU Regulations №889/2008, №834/2007, 1235/2008), США (NOP), Японии (JAS), так как это основное требование заказчиков.

В сегодняшнее время многие российские товаропроизводители попали под экономические санкции западных стран. Как это скажется на производстве органической продукции? Председатель Правления Союза органического земледелия Сергей Коршунов ответил на этот вопрос так: «На производителях органики санкции отразились гораздо меньше, чем на производителях интенсивной продукции. Мы не зависим от импортных семян, химических средств за-

щиты и питания растений. Последствия санкций мы видим в тех видах производства, где работает импортная сельхозтехника, стали менее доступны запчасти для нее. Общая ситуация с рынком органики в России по большому счету не изменится. Санкции не отбросят нас на несколько шагов назад, рынок органики в основном ориентируется на российского потребителя и мы ничего не потеряем!» Таким образом, необходимо отметить, что развитие производства органической сельскохозяйственной продукции в России - одно из перспективных направлений продовольственного обеспечения в условиях действия продовольственных санкций.

### **Библиографический список**

1. Биологизация земледелия - важнейшее направление ресурсосбережения в АПК России / В.Е. Ториков, Н.А. Соколов, В.В. Ториков, А.А. Осипов // Биологизация и продовольственная безопасность - векторы развития современного АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2019. С. 107-124.
2. Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ: федер. закон № 280-ФЗ, 2020.
3. ГОСТ 33980-2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации».
4. ГОСТ Р 57022–2016 «Продукция органического производства. Порядок проведения добровольной сертификации органического производства»
5. <https://решение-верное.рф/organique-history>
6. <https://soz.bio/o-soyuze>
7. <https://mcx.gov.ru>
8. Развитие АПК Брянской области - 2022 год / Сычев С.М., Бельченко С.А., Малявко Г.П., Дронов А.В., Осипов А.А. // Современные тенденции развития аграрной науки. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Брянский государственный аграрный университет. 2022. С. 28-35.
9. Природные ресурсы растениеводства западной части европейской России / Белоус Н.М., Малявко Г.П., Мамеев В.В., Просянных Е.В., Ториков В.Е. Коллективная монография: в двух частях / Том Часть 1 Современное состояние. Брянск, 2020.
10. Просянных Е.В., Малявко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области // Агрехимический вестник. 2021. № 6. С. 45-49.
11. Бабьяк М.А. Производство органической продукции как фактор повышения устойчивости АПК России // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса. Сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции. 2022. С. 30-35.
12. Бабьяк М.А. Состояние и направления совершенствования производства органической продукции в хозяйствах населения Брянской области // Современные тенденции развития аграрной науки. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Брянский государственный аграрный университет. 2022. С. 17-22.
13. Проблемы производства сельскими поселениями органических продуктов и пути их решения / Соколов Н.А., Белоус Н.М., Ториков В.Е., Бабьяк М.А. // Вестник Брянской ГСХА. 2020. № 1 (77). С. 65-77.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК  
В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

*The Use of Non-Root Fertilizing  
in the Technology of Cultivation of Spring Wheat*

**Никифоров В.М.**, канд. с.-х. наук, доцент, *vovan240783@yandex.ru*,

**Никифоров М.И.**, канд. с.-х. наук, доцент,

**Пасечник Н.М.**, аспирант

*Nikiforov V.M., Nikiforov M.I., Pasechnik N.M.*

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

*Bryansk State Agrarian University*

**Аннотация.** В условиях полевого опыта 2020-2022 гг. на серых лесных почвах Брянской области рассмотрена эффективность применения некорневых подкормок яровой мягкой пшеницы разными микроудобрениями. Опытным путём установлено, что использование некорневых подкормок способствует увеличению массы зерна с колоса и масса 1000 семян на 2-3 %, количества продуктивных стеблей на 3-4 %, урожайности зерна на 6-8 %, а также получению дополнительного условного чистого дохода, достигающего 900 руб./га и повышению рентабельности производства зерна на 16-27 %.

**Abstract.** *In the conditions of the field experience of 2020-2022 on the gray forest soils of the Bryansk region, the effectiveness of the use of non-root fertilizing of spring soft wheat with various micro-fertilizers is considered. It has been experimentally established that the use of non-root fertilizing contributes to an increase in the mass of grain from the ear and the mass of 1000 seeds by 2-3%, the number of productive stems by 3-4%, grain yield by 6-8%, as well as obtaining additional conditional net income reaching 900 rubles/ha and increasing the profitability of production grain by 16 – 27%.*

**Ключевые слова:** яровая пшеница, некорневая подкормка, микроудобрение, урожайность, эффективность.

**Keywords:** *spring wheat, foliar top dressing, micro fertilization, yield, efficiency.*

**Введение.** С целью получения высоких урожаев заданного качества важно полноценное обеспечение сельскохозяйственных культур элементами питания, поскольку азот, фосфор и калий не единственные элементы, обуславливающие питание растений.

При усиленной обработке почвы и значительном выносе с урожаем, на фоне повышающегося уровня интенсивности технологий, верхние горизонты постепенно обедняются макроэлементами, что снижает усвоение микроэлементов, которые так же необходимы растениям для роста и развития [1].

Постоянное применение лишь азотных, фосфорных и калийных удобрений приводит к возрастанию концентрации их мобильных соединений, которые

активно влияют на доступность других питательных элементов, что негативно сказывается на уровне обеспеченности почв и растений микроэлементами, а это, в свою очередь, отрицательно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур и качестве получаемой продукции [2].

Одним из способов решения данной проблемы в условиях биологизации земледелия является применение хелатов. Обладая высокой биологической активностью, хелаты выполняют функцию регуляторов роста растений. К таким веществам природного происхождения можно отнести препараты на основе гуматов, обладающие широким спектром действия, а так же некоторые органические кислоты, такие как янтарная, молочная и др. [3, 4, 5].

Микроудобрения с органическими лигандами (природными или синтетическими) обладают высокой биологической активностью, позволяющие рассматривать их как одно из средств регулирования биохимических процессов в растениях. Они устойчивы в растворах в широком диапазоне значений pH, хорошо сочетаются с пестицидами. Кроме того, они подобны естественным формам нахождения микроэлементов в растениях, что способствует их быстрому поглощению и гораздо более эффективному усвоению [6]. При этом прибавки урожайности зерновых культур от действия некорневых подкормок могут превышать 0,5 т/га [7, 8, 9].

На рынке средств химизации сельскохозяйственного производства имеется значительный ассортимент стимуляторов роста, биопрепаратов, комплексных микроудобрений, которые все чаще используются как для предпосевной обработки семян зерновых культур, так и для некорневых подкормок в различные фазы их роста. Состав этих препаратов и технологии их применения различны, а действие их на рост и развитие растений в зависимости от состава остается малоизученным [10, 11].

**Цель исследования.** Изучить влияние некорневых подкормок хелатными микроудобрениями на продуктивность яровой мягкой пшеницы и показатели экономической эффективности.

**Задачи исследования:**

- изучить влияние некорневого применения хелатных микроудобрений «Фертикс марка А» и «Хелатного комплекса» на продуктивность яровой пшеницы;
- определить зависимость элементов структуры урожая и урожайности зерна яровой пшеницы от применения некорневых подкормок микроудобрениями;
- дать экономическую оценку применения хелатных микроудобрений в технологии возделывании яровой пшеницы.

**Объекты и методы исследования.** Исследования проводились в условиях стационарного полевого опыта Брянского государственного аграрного университета на серых лесных легкосуглинистых почвах в 2020-2022 гг.

Объект исследования – сорт яровой мягкой пшеницы Злата. Оригинаторы сорта: ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» и ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», Россия.

Предшественник – картофель. Норма высева – 5,5 млн. всх. сем./га. Повторность опыта трехкратная. Размещение делянок в опыте систематическое. Площадь делянки - 50 м<sup>2</sup>, площадь учётной делянки – 25 м<sup>2</sup>.

Схема опыта включала следующие варианты:

1.  $N_{90}P_{90}K_{90}$  (фон, контроль);
2. Фон + 3 обработки микроудобрением «Фертикс марка А»;
3. Фон + 3 обработки «Хелатным комплексом».

Под все варианты опыта под предпосевную культивацию вносили основное удобрение в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$ . В качестве основного удобрения использовали азофоску (16:16:16).

На 2-ом варианте опыта применяли три некорневых подкормки посевов яровой пшеницы хелатным микроудобрением «Фертикс марка А» в составе баковой смеси пестицидов в фазу полных всходов, в фазу кущения и в фазу выхода в трубку дозой 1,0 л/га каждая.

На 3-ем варианте применяли три некорневых подкормки посевов яровой пшеницы «Хелатным комплексом» в составе баковой смеси пестицидов в фазу полных всходов, в фазу кущения и в фазу выхода в трубку дозой 2,5 л/га каждая.

Микроудобрение «Фертикс марка А» (ООО «Агро Эксперт Групп», Россия) - жидкое концентрированное удобрение для листовых и корневых подкормок. Содержат микроэлементы в легкоусвояемом концентрированном виде (хелаты). Состав:  $N_{\text{общ}} - 200$ ;  $MgO - 26,5$ ;  $SO_3 - 60$ ;  $Cu - 12,45$ ;  $Fe - 10,2$ ;  $Mn - 14,7$ ;  $Zn - 14,3$ ;  $Ti - 0,2$ ;  $Mo - 0,08$  г/л.  $Cu, Mn, Zn$  - хелатированы EDTA,  $Fe$  - ДТРА. Содержат титан - активатор роста, позволяющий повысить впитывание корнями растений азота, фосфора и калия

«Хелатный комплекс» – жидкое комплексное микроудобрение, разработан в Брянском государственном аграрном университете. Состав разработан с учетом анализа данных по аналогичным отечественным и зарубежным препаратам, а также потребности яровой пшеницы в микроэлементах. В качестве хелатирующего компонента использована янтарная кислота, которая способствует усилению энергетического обмена, активному росту и развитию корневой системы. «Хелатный комплекс» содержит следующие макро и микроэлементы:  $N_{\text{общ}} - 82$ ,  $P_2O_5 - 82$ ,  $K_2O - 82$ ,  $SO_3 - 30$ ,  $MgO - 19$ ,  $Mn - 0,5$ ,  $Cu - 0,24$ ,  $Zn - 0,17$ ,  $B - 0,13$ ,  $Co - 0,03$ ,  $Mo - 0,06$  г/л. Азот содержится в амидной форме.

Перед посевом семена яровой пшеницы протравливались препаратами Оплот Трио, ВСК (0,6 л/га) + Табу, ВСК (0,6 л/га). Для борьбы с сорняками в фазу кущения использовалась баковая смесь гербицидов Ластик Экстра, КЭ (1,0 л/га) + Бомба, ВДГ (0,02 кг/га) + Балерина (0,3 л/га). Для защиты от болезней и вредителей в фазу выхода в трубку применяли баковую смесь фунгицида Колосаль Про (0,4 л/га) и инсектицида Борей Нео (0,1 л/га). Пестициды, применяемые в опыте предоставлены компанией «Август» и разрешены к использованию на территории РФ в 2020-2022 гг.

Система обработки почвы, система защиты растений, выбор предшественника и нормы высева семян проводилась согласно региональным рекомендациям по возделыванию яровых зерновых культур. Экспериментальная работа проведена в сопровождении лабораторных наблюдений и анализов по общепринятым методикам проведения полевых опытов. Экономическую

эффективность применения минеральных удобрений рассчитывали по методике Института почвоведения и агрохимии, г. Минск (2010).

**Результаты исследования.** Показатели структуры урожая яровой пшеницы зависели от варианта опыта и изменялись в пределах: количество продуктивных стеблей от 497 до 517 шт/м<sup>2</sup>, масса зерна с колоса - от 1,06 до 1,09 г, масса 1000 семян – от 40,8 до 42,0 г, масса зерна с 1 м<sup>2</sup> от 526,8 до 563,5 г (биологическая урожайность – от 5,27 до 5,64 т/га). Минимальные значения этих показателей отмечены на контрольном варианте (без применения подкормок), максимальные – на варианте с трёхкратным применением «Хелатного комплекса» (табл. 1).

Таблица 1 - Элементы структуры урожая яровой пшеницы

Вариант	Продуктивных стеблей, шт/м <sup>2</sup>	Масса зерна с 1 колоса, г	Масса 1000 семян, г	Масса зерна с 1 м <sup>2</sup> , г
1. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> (фон, контроль)	497	1,06	40,8	526,8
2. Фон + Фертикс марка А	511	1,08	41,6	551,9
3. Фон + Хелатный комплекс	517	1,09	42,0	563,5
НСР <sub>05</sub>	4,92	0,01	0,32	9,23

Применение некорневых подкормок микроудобрениями «Фертикс марка А» и «Хелатный комплекс» на вариантах 2 и 3 способствовало существенному увеличению количества продуктивных стеблей, массы зерна с колоса, массы 1000 семян и биологической урожайности культуры. Так, использование подкормок увеличивало количество продуктивных стеблей на 14 и 20 шт/м<sup>2</sup> или на 2,8 и 4,0 %, массу зерна с колоса на 0,02 и 0,03 г (1,9 и 2,8 %), массу 1000 семян на 0,8 и 1,2 г (2,0 и 2,9 %), массу зерна с 1 м<sup>2</sup> на 25,1 и 36,7 г (4,8 и 7,0 %) соответственно.

При этом, применение некорневой подкормки «Хелатным комплексом» (вариант - 2) достоверно увеличивало количество продуктивных стеблей на 6 шт/м<sup>2</sup> или на 1,2 %, массу 1000 семян на 0,4 г или на 1,0 %, массу зерна с 1 м<sup>2</sup> на 11,6 г или на 2,2 % к варианту с применением микроудобрения «Фертикс марка А» (вариант - 3). Масса колоса на варианте - 3 была выше, чем на варианте - 2 на 0,01 г (0,9 %), что находится в пределах ошибки опыта (НСР<sub>05</sub> так же равен 0,01).

Увеличение отдельных показателей структуры урожая от действия некорневых подкормок в свою очередь повысило хозяйственную урожайность яровой пшеницы (табл. 2).

Таблица 2 - Урожайность яровой пшеницы

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности к контролю, т/га
1. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> (фон, контроль)	5,12	-
2. Фон + Фертикс марка А	5,42	0,27
3. Фон + Хелатный комплекс	5,54	0,42
НСР <sub>05</sub>	0,12	

Так, урожайность на контрольном варианте составила 5,12 т/га, на варианте с некорневым применением «Фертикс марка А» - 5,42 т/га, на варианте с использованием микроудобрения «Хелатный комплекс» - 5,54 т/га. Прибавка урожайности к контролю соответствовала 0,27 и 0,42 т/га или 5,9 и 8,2 %. Прибавка урожайности от действия «Хелатного комплекса» к варианту с использованием «Фертикс марка А» достигала 0,15 т/га (плюс 2,3 %).

Анализ экономической эффективности показал, что при увеличении урожайности зерна яровой пшеницы от применения некорневых подкормок на 0,27 и 0,42 т/га и цене реализации зерна 10000 руб./т, стоимость прибавки урожая составит 2700 и 4200 руб./га соответственно (табл. 3).

Таблица 3 - Экономическая эффективность применения микроудобрений

Показатель	Фертикс марка А	Хелатный комплекс
Урожайность, т/га	5,42	5,54
Прибавка урожайности к контролю, т/га	0,27	0,42
Стоимость прибавки урожайности, руб./га	2700	4200
Дополнительные затраты к контролю, руб./га	2325,5	3307,7
Условный чистый доход к контролю, руб./га	374,5	892,3
Рентабельность к контролю, %	16,1	27,0

Дополнительные затраты к контролю, связанные с приобретением (производством) микроудобрений, применением подкормок, уборкой, транспортировкой и доработкой полученной прибавки урожая составят 2325,5 руб./га – на варианте с использованием «Фертикс марка А» и 3307,7 руб./га – на варианте с использованием микроудобрения «Хелатный комплекс». Условный чистый доход к контролю составит – 374,5 и 892,3 руб./га при уровне рентабельности 16,1 и 27,0 % соответственно.

Использование микроудобрения «Хелатный комплекс» взамен микроудобрения «Фертикс марка А» обеспечит получение дополнительного условного чистого дохода в размере 517,8 руб./га и увеличит рентабельность производства зерна на 10,9 %.

**Заключение.** Применение трёх некорневых подкормок посевов яровой мягкой пшеницы микроудобрениями «Фертикс марка А» (ООО «Агро Эксперт Групп») в дозе 1,0 л/га и «Хелатным комплексом» (разработка Брянского ГАУ) в дозе 2,5 л/га, в составе баковых смесей пестицидов и совмещённых с мероприятиями по борьбе с вредными объектами в критические фазы роста и развития растений, на фоне применения основного удобрения в дозе N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>, способствует увеличению ключевых показателей структуры урожая таких как: масса зерна с колоса и масса 1000 семян на 2 – 3 %, количество продуктивных стеблей на 3 – 4 %, что в свою очередь способствует увеличению хозяйственной урожайности культуры на 0,3 – 0,4 т/га или на 6 - 8 %, а так же росту условного чистого дохода на 400 – 900 руб./га и рентабельности производства зерна на 16 – 27 %.

Использование микроудобрения «Хелатный комплекс» взамен микроудобрения «Фертикс марка А» способствует увеличению урожайности яровой

пшеницы на 0,15 т/га (на 2,3 %), получению дополнительного условного чистого дохода в размере 520 руб./га и повышению рентабельности производства зерна на 11 %.

### Библиографический список

1. Применение хелатов микроэлементов в технологии возделывания яровой пшеницы / Н.В. Войтович, В.М. Никифоров, М.И. Никифоров, Г.В. Чекин, А.Л. Силаев, Е.В. Смольский, М.М. Нечаев // Земледелие. 2019. № 6. С. 25-27.
2. Efficiency of multifunctional chelate complexes used during spring wheat cultivation / V.M. Nikiforov, M.I. Nikiforov, G.V. Chekin, A.L. Silaev, E.V. Smolsky, M.M. Nechaev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: the proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. С. 012127.
3. Кирсанова Е.В., Злотников К.М., Злотников А.К. Предпосевная обработка семян зерновых, зернобобовых и крупяных культур в Орловской области // Земледелие. 2011. № 6. С. 45.
4. Котиков М.В., Мельникова О.В., Мажуго Т.М. Действие гумистима на урожайность зерновых культур и картофеля // Агрохимический вестник. 2009. № 3. С. 36-38.
5. Эффективность применения гумитона в интенсивной технологии возделывания озимой пшеницы / В.В. Мамеев, В.Е. Торикив, В.М. Никифоров, А.А. Суслов // Вестник Брянской ГСХА. 2021. № 1. С. 11-18.
6. О механизме действия хелатных форм микроудобрений на клетки яровой пшеницы при некорневой обработке / В.М. Пахомова, Е.К. Бунтукова, И.А. Гайсин, А.И. Даминова // Вестник РАСХН. 2005. № 3. С. 26-28.
7. Мельникова О.В. Технологии возделывания культур и биологическая активность почвы // Земледелие. 2009. № 1. С. 22-24.
8. Торикив В.Е., Прудников А.П., Мельникова О.В. Урожайность и качество зерна сортов мягкой яровой пшеницы в зависимости от условий возделывания // Достижения науки и техники АПК. 2003. № 8. С. 13-14.
9. Количественная изменчивость и корреляционная зависимость урожайности и показателей качества зерна пшеницы мягкой яровой / О.В. Мельникова, В.Е. Торикив, В.М. Никифоров, Е.В. Тищенко // Вестник Курской ГСХА. 2020. № 3. С. 21-27.
10. Перспективы применения полифункциональных хелатных комплексов для формирования высоких урожаев пивоваренного ячменя / В.М. Никифоров, А.Л. Силаев, Г.В. Чекин, Е.В. Смольский, М.И. Никифоров, М.М. Нечаев // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 6. С. 8-14.
11. Никифоров В.М., Никифоров М.И., Пасечник Н.М. Эффективность применения регулятора роста Вигор Форте в технологии возделывания ярового ячменя // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 6. С. 44-50.
12. Торикив В.Е., Мельникова О.В. Производство продукции растениеводства. Сер. Учебники для вузов. Специальная литература. (Издание третье, стереотипное) Санкт-Петербург, 2019.
13. Природные ресурсы растениеводства западной части европейской России / Белоус Н.М., Малякко Г.П., Мамеев В.В., Просяников Е.В., Торикив В.Е. Коллективная монография: в двух частях / Том Часть 1 Современное состояние. Брянск, 2020.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЗДАНИЯ СОВМЕЩЁННЫХ ПОСЕВОВ СОРГО  
КОРМОВОГО И ОЦЕНКА ЕГО СРЕДООБРАЗУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ В  
АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Effectiveness of Creating Combined Forage Sorghum Crops and Evaluation of Its  
Environmental Function in the Agro-climatic Conditions of the Bryansk Region*

**Дронов А.В.**, доктор с.-х. наук, профессор, *dronov.bsgha@yandex.ru*,  
**Бельченко С.А.**, доктор с.-х. наук, доцент, *sabel032@rambler.ru*  
*Dronov A.V., Belchenko S.A.*

ФБГОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»  
*Bryansk State Agrarian University*

**Аннотация.** В данной статье приведены результаты многолетних научных исследований по эффективности создания бинарных (смешанных и уплотнённых) посевов сорго кормового и получения надземной массы высокого качества и питательной ценности на серых лесных почвах Брянской области. Проведена сравнительная оценка кормовой продуктивности одновидовых и совмещённых посевов сорго сахарного с кукурузой, подсолнечником, зернобобовыми культурами и рапсом яровым. Дана агроэкологическая оценка средообразующей функции сорго кормового при разработке технологии возделывания в регионе.

**Abstract.** *This article presents the results of many years of scientific research on the effectiveness of creating binary (mixed and compacted) forage sorghum crops and obtaining an aboveground mass of high quality and nutritional value on gray forest soils of the Bryansk region. A comparative assessment of the feed productivity of single-species and combined crops of sugar sorghum with corn, sunflower, leguminous crops and spring rapeseed was carried out. Agroecological assessment of the environment-forming function of forage sorghum in the development of cultivation technology in the region is given.*

**Ключевые слова:** сорго кормовое, совмещённые посевы, урожайность, сухое вещество, питательность, средообразующая функция, агроэнергетическая эффективность.

**Keywords:** *forage sorghum, combined crops, yield, dry matter, nutritional value, environmental function, agro-energy efficiency.*

**Введение.** Формирование смешанных посевов (уплотнённых, совмещённых, всевных) давно применяется в сельскохозяйственном производстве ряда стран мира. Такие посевы и в настоящее время являются весьма актуальными, способствуют повышению урожаев, их качеству, оздоровлению окружающей среды. Разработка формирования и расширения видовой состав кормовых культур, обеспечивающих стабильное производство кормов, сбалансированных

по основным питательным веществам, является реальным путем включения биологических факторов в систему интенсификационных процессов. В этих посевах заложена возможность эффективного использования агроклиматических ресурсов за счёт формирования высокопродуктивных и адаптивных фотосинтетических систем, при этом достигается сохранение плодородия почвы и получение качественной продукции растениеводства [1].

Смешанный посев имеет преимущество в кормовом отношении, и при определенном насыщении его и включении в технологический процесс факторов, регулирующих рост и развитие компонентов, он может выступать как саморегулирующая производственная система с программируемым поступлением сырья по времени и качеству. В то же время очень часто результаты возделывания даже традиционных культур и их сочетаний не предсказуемы и не дают ожидаемого эффекта из-за конкурентноспособности (виолентности) видов и сортов, способных осваивать разные экологические ниши. В настоящее время имеется достаточно обширный экспериментальный материал по сочетанию видов растений в смешанных посевах [2, 3].

Смешанные посевы кормовых культур позволяют лучше использовать складывающиеся погодные условия, повышать устойчивость урожая, увеличивать валовой сбор корма и питательных веществ с единицы площади. В смешанных посевах значительно улучшается химический состав компонентов смеси, а также переваримость корма организмом животных. Поливидовые мешанки обладают высокой устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам, урожайностью, большим КПД использования ФАР, чем одновидовые посева. Смешанный посев является более сложной экологической системой, обладающей более высоким биотическим потенциалом, что при недостатке техногенных ресурсов способствует получению большей продуктивности, чем в одновидовых посевах.

В современной системе кормопроизводства смешанные посева, благодаря возможности регулирования норм высева и подбору компонентов, дают запланированное качество корма в поле без дорогостоящего использования кормосмесителей и кормоцехов. По мнению профессора Б.С. Лихачева с коллегами для каждой почвенно-климатической зоны в целом и для каждого типа агроландшафта необходимо подбирать конкретные компоненты смесей и их соотношения [4]. Данное мнение справедливо и для сорговых культур, так как в условиях Нечерноземья эффективность их возделывания в поликультуре напрямую зависит от правильного подбора компонента, что является актуальным направлением изучения проблемы в регионе. Многолетние исследования по внедрению в полевое кормопроизводство сорговых культур в агроклиматических условиях Брянской области на серых лесных почвах позволили предложить многовариантные технологии возделывания сорго в агроландшафтах юго-западной части Центрального региона России. Интерес к кормовому сорго объясняется его достаточно высокой и стабильной урожайностью, кормовыми достоинствами, высокой технологичностью возделывания в севооборотах, в том числе и в промежуточных посевах, ограниченной потребностью в интенсивных средствах химизации, многоплановом использовании в производстве травянистых кормов. Кормовые сорговые культуры, благодаря хорошей кустистости,

быстрому отрастанию после скашивания, можно эффективно использовать в зелёном и сырьевом конвейерах стабилизируя производство качественных и полноценных кормов. Положительная динамика роста посевных площадей под столь нетрадиционной культурой сорго кормовое в Брянской области, совершенствование элементов технологии возделывания, первые шаги в организации репродукционного семеноводства суданской травы в регионе являются одним из примеров реализации научных идей академика Н.И. Вавилова по практической интродукции культурных растений [5 - 14].

**Цель, объекты и методы исследования.** Цель наших опытов заключалась в изучении особенностей биологии развития, формирования урожайности, качества сорго кормового в смешанных и уплотненных (всевных) посевах, с учётом региональных почвенно-климатических условий дать агроэкологическую оценку средообразующей функции культуры при разработке агротехнологий. Проводили сравнительную оценку продуктивности одновидовых и смешанных посевов (2- компонентных, посев в 1 ряд) сахарного сорго с кукурузой и зернобобовыми культурами - кормовым горохом, люпином жёлтым, соей. Возделывали гибрид F<sub>1</sub> кукурузы Бемо 182 СВ, сорт сахарного сорго Зерноградский янтарь, сорт пелюшки Малиновка, жёлтого люпина Брянский 6 и сои Брянская 11. В дальнейших исследованиях по созданию бинарных посевов нами после рыхления междурядий сахарного сорго в фазе начала кущения проводилось уплотнение зернобобовыми культурами, кукурузой, подсолнечником, рапсом с целью повышения энергетической и протеиновой полноценности корма. Для подсева использовали сеялку СН-16, перекрывая каждые 2 сошника, чтобы уменьшить повреждения растений сорго, а в междурядьях высевалось по 2 рядка. Подсевали вику яровую (сорт Людмила), люпин узколистый (Кристалл), кормовые бобы (Узуновские), рапс яровой (Викрос). Норма высева каждого компонента в смеси - 70% от чистого посева. Экспериментальная работа проводилась в условиях стационара опытного поля Брянского ГАУ, полевые и лабораторные исследования выполнены согласно Методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами и Широкому унифицированному классификатору СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench* [15, 16]. Почвы опытного поля серые лесные, среднекультуренные, легкосуглинистые. Серая лесная почва характеризуется следующими показателями: содержание органического вещества (гумуса) 3,5-3,6%, высокая обеспеченность подвижным фосфором 216-226 мг, средняя обменным калием 156-196 мг/кг сухой почвы, высокая степень насыщенности основаниями - 85,6%. Обеспеченность доступными формами таких микроэлементов, как молибден, цинк, кобальт - слабая. Реакция почвенного раствора на уровне 5,6-5,8 (рН солевой вытяжки), гидролитическая кислотность (Нг) - 2,63 мг-экв. на 100 г почвы. Учёт урожайности надземной массы проводим сплошным методом на учётных площадках в трехкратной повторности путем скашивания и взвешивания зелёной массы. Сухое вещество устанавливали высушиванием навесок в сушильном шкафу при температуре 60-64°C. Статистическую обработку количественных определений и урожайных данных проводили по Б.А. Доспехову [17] на персональном компьютере с помощью программы Straz.

**Результаты исследования.** Наблюдения за ростом и развитием растений кукурузы, сорго сахарного и зернобобовых культур в смешанных посевах показали, что взаимоотношения культур изменялись под влиянием факторов внешней среды и фитоценотической конкуренции. Так, в смешанном сорго-соевом агроценозе сахарное сорго развивалось слабо, растения имели тонкие побеги и со стороны бобового компонента заметно отмечалось его конкурентное влияние. Эта тенденция происходила из-за низкого темпа роста сорго в начальный период, а соя в это же время успевала сформировать хорошую листовую поверхность, которая в последующем фотосинтезировала достаточно высокую урожайность надземной массы. Такие конкурентные взаимоотношения не ослабевали в дальнейшем процессе развития, соя раньше на 15-18 суток формировала бобы, чем растения сорго достигали фазы вымётывания.

Нами установлено, что высота растений изучаемых культур определялась условиями произрастания. Наибольшая высота во время уборки составила в разрезе культур чистых и смешанных посевов соответственно: кукуруза - 185-218 см, сорго сахарное - 197-238, соя - 77-95 см. Максимальная высота была у сорго сахарного в одновидовом посеве – свыше 240 см. Соя в смешанном ценозе, находясь в условиях недостаточного освещения, вытягивались пропорционально линейным приростам мятликового компонента, и была выше на 18,9-23,4% растений одновидового посева. В совместных посевах кукурузы и сорго сахарного сочетались общие биологические особенности этих двух эволюционно одинаково развивающихся культур, отмечены преимущества в получении максимального урожая кормовой массы таких ценозов. Так, кукуруза, благодаря более сильной конкурентноспособности в некоторой степени угнетала рост и развитие сорго, особенно в первые 1,5-2 месяца вегетации. Но в дальнейшем, к фазе вымётывания-цветения (в августе) стебли сахарного сорго по высоте выровнялись и затем превысили кукурузу на 40-45 см (до 215 см). Смешанные посева смеси сорго сахарное + люпин жёлтый и сорго сахарное + кормовой горох (пелюшка) показало несовместимость данных компонентов по морфологии, темпам роста в начальные фазы развития, фотопериодизму. Растения сорго сахарного были угнетены быстрорастущими бобовыми видами, и при наступлении укосной спелости на зелёный корм горох сильно полегал, а люпин находился в фазе начала созревания семян. Это навело нас на мысль о проведении уплотнительных посевов и изменении сроков подсева зернобобовых и других высокопротеиновых культур. В целом же следует сказать, смешанные агроценозы сорго сахарного характеризовались не только высокой урожайностью, но энергетической и протеиновой ценностью кормовой массы (табл. 1).

В среднем за три года максимальная урожайность зелёной массы получена в одновидовых посевах кукурузы - 70,3 т/га и в смешанных ценозах сорго сахарное + кукуруза - 76,8 или сухой массы соответственно 16,2 и 16,9 т/га. Смешанный посев сорго сахарного с соей хотя и уступал по урожайности зелёной массы чистому посеву сорго, но по показателю сухой массы был несколько выше (14,5 т/га), из-за более высокого содержания сухого вещества в общей массе -24,0 % (превышение на 2,5-3,0 %).

Таблица 1 - Урожайность и питательная ценность надземной массы смешанных посевов, в среднем за 3 года

Вид посева	Урожайность массы, т/га		Выход ОЭ, тыс. МДж/га	Сбор корм. ед., т/га	Сбор п.п., кг/га	П.п. на 1 к.ед., г
	зелёной	сухой				
Кукуруза	70,3	16,2	168,3	14,17	951	67,1
Сорго сахарное	66,6	14,0	144,8	12,04	734	61,0
Соя	32,1	8,4	88,2	7,50	1114	149,0
Сорго сахарное + кукуруза	76,8	16,9	162,2	12,62	934	74,4
Сорго сахарное + соя	60,6	14,5	143,6	11,60	1261	108,7
Сорго сахарное + люпин жёлтый	56,2	11,2	114,0	9,40	1120	119,1
Сорго сахарное + пелюшка	58,1	11,6	111,4	8,70	1032	118,6

Посевы сорго сахарное + соя по сбору переваримого протеина также превысили чистые посевы сорго на 527 кг с 1 га, и обеспеченность 1 кормовой единицы переваримым протеином составила 108,7 г (на контроле - 61,0 г/к.ед.). Наибольший выход обменной (физиологически доступной) энергии с урожаем надземной сухой массы получен в варианте одновидового посева кукурузы - 168,3 тыс. МДж и смешанного посева сорго сахарное + кукуруза - 162,2 тыс. МДж/га. По выходу кормовых единиц эти варианты отличались высоким содержанием 14,17 и 12,62 т /га соответственно. Однако следует отметить, что содержание переваримого протеина на 1 к.ед. в чистых посевах сорго и кукурузы низкое (61,0 -67,1 г), тогда как корм из смешанных посевов сорго сахарного с зернобобовыми культурами соответствовал зоотехническим нормам - свыше 110 г.

Результаты, представленные в таблице 2, характеризовали высокую урожайность надземной массы уплотнённых ценозов, а также их кормовую и питательную ценность. В среднем за четыре года урожайность сухой массы одновидовых посевов сорго сахарного и кукурузы составила 16,8 и 18,7 т/га. Максимальный выход обменной энергии -194,3 тыс. МДж/га получен с посевов кукурузы. Достаточно высокоурожайными были уплотненные посевы сорго сахарного с кукурузой (19,6 т/га сухой массы), с урожаем получено 188,2 тыс. МДж и 14,7 т/га кормовых единиц.

В среднем концентрация обменной энергии и питательность сухого вещества корма уплотнённых посевов зернобобовыми культурами, подсолнечником и рапсом составила 9,6-10,2 МДж или 0,75-0,84 к. ед./1 кг СВ. В уплотнённых посевах зернобобовыми культурами отмечено увеличение сбора переваримого протеина с единицы площади (979 кг - сорго сахарное +люпин жёлтый, 1209 кг - сорго + соя, 1230 кг/га – сорго + кормовые бобы).

Таблица 2 - Энергетическая и протеиновая продуктивность уплотнённых посевов, в среднем за 4 года

Вид посева	Урожайность массы, т/га		Выход ОЭ, тыс. МДж/га	Сбор корм. ед., т/га	Сбор п.п., кг/га
	зелёной	сухой			
Кукуруза	81,1	18,7	194,3	16,3	1037
Сорго сахарное	76,4	16,8	173,7	14,4	881
Сорго сахарное + кукуруза	93,5	19,6	188,2	14,7	1084
Сорго сахарное + подсолнечник	78,8	17,7	174,7	14,0	1109
Сорго сахарное + соя	58,0	13,9	137,6	11,0	1209
Сорго сахарное + люпин жёлтый	55,1	11,0	112,0	9,2	979
Сорго сахарное + люпин узколистный	49,7	9,9	100,8	8,3	895
Сорго сахарное + пелюшка	47,9	9,6	92,0	7,2	854
Сорго сахарное + вика яровая	47,2	9,8	94,1	7,4	872

По содержанию переваримого протеина смеси сорго сахарного с викой яровой, кормовыми бобами, пелюшкой и соей достигали 110-120 г на 1 к.ед., что в итоге повышало питательность и полноценность полученных кормов. Тогда как обеспеченность на 1 к.ед. переваримого протеина в уплотнённых посевах сорго сахарное + кукуруза и сорго сахарное + подсолнечник составила (73,7 и 79,3 г) и не соответствовала зоотехническим требованиям, как и корм, полученный в одновидовых посевах сорго сахарного и кукурузы (61,2 и 63,6 г).

В создании таких агроценозов нами отмечено, что развитие уплотнённых культур проходило без жесткой конкуренции, состояние посевов было хорошее. На момент уборки растения сорго сахарного находились в фазе молочной спелости зерна при высоте от 190 до 235 см, подсевные (фаза цветения) - высота растений составила 85,4 см, 87,5, 73,4 и 120 см соответственно для сои, люпина, вики и рапса. Результаты зоотехнического анализа и проведённые расчёты энергетической питательности сухого вещества корма показали, что концентрация обменной энергии составила от 9,0 МДж (сорго сахарное) до 10,4 МДж/ 1 кг СВ - сорго + соя, или соответственно 0,66 и 0,88 к. ед. Наибольшее содержание переваримого протеина на 1 к.ед. было в корме сорго сахарное + люпин узколистный - 134,9 и сорго + рапс яровой - 127,6 г.

Химический состав и питательная ценность видов корма из сорговых культур (зелёная масса, силос, сенаж, зерносенаж или монокорм) приведены в таблице 3.

Высоким содержанием сырого протеина характеризовалась кормовая масса смешанного посева сорго сахарное + люпин жёлтый (12,0%). Сравнительно мало протеина в фитомассе уплотнённого посева сорго сахарного с подсолнечником - 5,3%. Характерно: содержание клетчатки в сухом веществе различных видов корма варьировала значительно от 25,0 до 33,0%. Наиболее грубая масса была при заготовке корма из смешанного посева сорго + люпин жёлтый, сорго + подсолнечник (30,3-32,3% клетчатки). Высоким содержанием сы-

рого жира отличалась кормовая масса смешанных посевов сорго с люпином и сорго с соей соответственно 2,0 и 2,2%. По энергетической оценке сухого вещества корма наибольшей концентрацией ОЭ (9,5 МДж/1 кг) отмечены зерно-сенаж, приготовленный из сорго сахарного и сенаж сорго-суданкового гибрида, а также зелёная масса сорго сахарного и сорго + соя. В разрезе проанализированных кормов из сорговых культур и смесей наибольшим энергопротеиновым отношением (ЭПО - количество граммов переваримого протеина в 1 энергетической кормовой единице) выделился корм, полученный в результате уплотнения сорго сахарного люпином жёлтым (9,5), сорго + горох пелюшка - 7,8 и соей (7,7). Обеспеченность переваримым протеином на 1 кормовую единицу корма с этих посевов составила 100-133 г. Наименьший показатель ЭПО (2,4 и 2,8) получен в сорговом и кукурузном силосах.

Таблица 3 - Химический состав и питательная ценность кормов из сорговых культур и их смесей

Вид корма, культура	Содержание в воздушно-сухой массе, %					Содержание в 1 кг СВ корма		
	СП	СЖ	СК	СЗ	БЭВ	ОЭ, МДж	К.ед.	П.П., г
<u>Зелёная масса</u> Сорго сахарное	7,3	1,1	25,1	6,5	60,0	9,5	0,73	51,1
Сорго сахарное + горох кормовой	10,0	1,4	29,6	7,6	51,4	9,0	0,66	70,0
Сорго сахарное + люпин жёлтый	12,0	2,0	32,3	7,1	46,6	8,8	0,63	84,0
Сорго сахарное + соя	10,4	2,2	25,4	8,7	53,3	9,5	0,73	72,8
Сорго сахарное + подсолнечник	5,3	1,1	30,3	5,2	58,1	8,9	0,64	37,1
<u>Зерносенаж</u> Сорго сахарное	6,7	1,6	27,2	4,1	60,4	9,5	0,73	36,9
Сорго зерновое	6,9	1,4	28,5	4,3	58,9	9,3	0,70	38,0
<u>Сенаж</u> Сорго-суданковый гибрид	6,5	1,3	26,9	4,6	60,7	9,5	0,73	35,8
<u>Силос сорговый</u>	5,0	1,2	29,8	4,7	59,3	9,0	0,66	22,0
<u>Силос кукурузный</u>	4,4	1,5	31,8	4,9	57,4	8,8	0,63	25,1

Таким образом, разнообразные виды кормов из сорго сахарного отличались по целому ряду показателей химического состава, имели высокую питательную и энергетическую ценность зеленой массы, сенажа, зерносенажа (9,3-9,5 МДж/кг, или 0,70-0,73 к.ед.). В условиях региона данные виды корма характеризовались как биологически полноценные для кормления всех видов сельскохозяйственных животных.

С целью более полного представления о качестве соргового силоса нами проведен лабораторный анализ на наличие и содержание свободных органических кислот (разгонка). Так, силос, заготовленный из сорго сахарного, отличал-

ся большей концентрацией молочной кислоты - 0,7369% (или ее доля в сумме органических кислот составила 60,8%), тогда как у кукурузного силоса содержалось 0,4966% (или 55,1%). Кислотность силосов (рН) составила 3,8-3,9. По сравнению с кукурузой сорговый силос содержал больше сырого протеина на 1,3-2,1%, золы - на 0,9-1,75%, содержание сырой клетчатки варьировало от 24,0% в одновидовом посеве сорго сахарного до 27,5% - в смешанном с кукурузой (табл. 4).

Силос, приготовленный из сорго сахарного + кукуруза, имел кислотность - 4,3, не содержал масляной кислоты, концентрация зольных элементов составила 6,83%. Силос из смеси сорго сахарное с кормовыми бобами отличался повышенным содержанием сырого протеина (10,6%), золы - 6,33%, в том числе кальция (0,61%). Доля молочной кислоты составила свыше 60%, кислотность - 4,3, что соответствовало I классу национального стандарта ГОСТ Р 55986-2022.

Таблица 4 - Химический состав и качественные показатели силоса

Сырье	Содержание, %			рН силоса	Содержание органических кислот, %			
	золы	жира	клет- чатки		уксусной	масляной	молоч- ной	сумма кислот
Кукуруза	4,91	1,57	24,81	3,9	0,4053	0	0,4966	0,9019
Сорго сахарное	5,90	1,62	23,97	3,8	0,4136	0,0614	0,7369	1,2119
Сорго + кукуруза	6,86	1,56	27,54	4,3	0,3671	0	0,4966	0,8387
Сорго + кормовые бобы	6,33	2,05	24,05	4,3	0,3728	0,0508	0,6647	1,0883

При визуальном анализе заготовленные виды силоса отличались серовато-зелёным цветом с приятным кисловато-фруктовым запахом и хорошо сохранившейся структурой корма. По шкале Вигнера (балл) качество силоса из сахарного сорго оценивалось на «отлично» (11-12 баллов).

Таким образом, на основании проведённых химических анализов следует, что надземную массу сорго сахарного как в одновидовом, так и смешанном посевах использовать для заготовки качественного силоса в условиях серых лесных почв Брянской области.

В настоящее время ведутся комплексные исследования по определению допустимых концентраций тяжёлых металлов (ТМ) в системе почва-растение-продукция (корм). Поскольку сведений такого плана по изучаемому региону нет, мы задались целью определить уровень накопления ТМ в этой системе. Основное внимание уделялось изучению продуктивности созданных агроценозов кормового сорго, содержания тяжёлых металлов в почве, кормовой массе и

полученных видов корма. Предельно допустимые концентрации (ПДК) тяжёлых металлов в почве и кормах нами взяты по Экспертизе кормов... [18].

Известно, уровень содержания тяжёлых металлов в растениях зависит от их кларка, т.е. среднего содержания в почве. В этой связи следует подчеркнуть, что в результате наших определений концентрация подвижных форм ТМ (кадмий, кобальт, никель, свинец, цинк) в почве под посевами сорговых кормовых культур находилась в малых количествах и не превышала пределы допустимых количеств. Содержание тяжёлых металлов в надземной массе и различных кормов из сорго приведено в таблице 5.

Таблица 5 - Содержание тяжёлых металлов в кормовой массе сорго и смесей, мг/кг СВ

Вид корма, культура	Содержание, %		Химические элементы				
	СВ	зола	Cd	Co	Ni	Pb	Zn
<u>Зелёная масса</u> Кукуруза	21,8	6,2	0,10	0,20	0,84	0,17	32,0
Сорго сахарное	24,0	6,5	0,09	0,17	0,90	0,10	29,1
Сорго сахарное + горох кормовой	22,8	7,6	0	0,13	0,67	0,40	6,1
Сорго сахарное + люпин жёлтый	23,0	7,1	0,05	0,19	0,47	0,26	2,6
Сорго сахарное + соя	23,9	8,7	0	0,22	0,25	0,27	4,6
<u>Силос</u> Сорго сахарное	27,7	4,7	0	0,13	0,15	0,08	15,3
<u>Силос</u> Кукуруза	26,4	4,9	0,03	0,05	0,11	0,10	15,1
<u>Сенаж</u> Сорго-суданковый гибрид	32,5	4,6	0	0,07	0,24	0,09	17,9
ПДК (по Экспертизе кормов..., 2004)			0,3	0,5	3,0	5,0	50

В рассмотрении данного вопроса следует пояснить, что к наиболее токсичным элементам относят кадмий, кобальт, свинец. Но их концентрация в полученных кормах значительно ниже предельно допустимой и не вызывает опасения для скармливания животным. Наличие зернобобовых культур в смешанных посевах сказалось на некотором относительном увеличении свинца в корме (до 0,40 мг/кг). Содержание цинка в фитомассе посевов с пелюшкой, люпином и соей резко снижалась до 2,6-6,1 мг/кг в сравнении с кормовой массой из сахарного сорго, которая составила 29,1 мг/кг.

Результатами наших опытов по созданию смешанных агроценозов кормового сорго установлена высокая средообразующая роль, адаптивность, стабильная урожайность, получение непосредственно в поле сбалансированных по протеину и обменной энергии травянистых кормов. Однако на сегодня эколого-стабилизирующие свойства сорговых культур изучены недостаточно, да и полученные результаты имеют иногда противоречивый характер, особенно в от-

ношении плодородия почвы, ее биологических свойств, других почвенно-микробиологических процессов.

В последнее время биологическому состоянию почв как индикатору оптимизации почвенных режимов стало уделяться особое внимание. Биологическая активность, есть результат суммарного эффекта численности и деятельности почвенных микроорганизмов, является неперенным условием при разработке различных агротехнических мероприятий. В результате сравнения выявляются те из них, которые в наибольшей степени активизируют работу почвенной микрофлоры в трансформации органического вещества и элементов минерального питания для растений.

К показателям биологической активности почвы относятся интенсивность дыхания, нитрификационная и целлюлозолитическая способности, токсичность и другие. Поэтому, по-нашему мнению, одним из факторов в средообразующем процессе является влияние отдельных приемов возделывания кормового сорго на микробиологическую деятельность почвы, изменение ее биологической активности и агрохимических свойств. В качестве критерия оценки общей биологической активности использовали показатель «интенсивность дыхания почвы» (ИДП), под которым понимают количество углекислоты, образованной в процессе дыхания почвенной биоты (мг  $\text{CO}_2$  на 100 г почвы в сутки). Количество  $\text{CO}_2$  отражает в основном энергию процесса разложения органических соединений в почве, но в целом характеризует газообмен и активность биологических процессов. В этой связи следует отметить, что по величине этого показателя судят о степени и скорости минерализации поступающего органического вещества. Этот показатель, по мнению исследователей Брянского ГАУ О.В. Мельниковой и В.А. Попова [19,20], может быть использован для оценки экологического статуса почвы.

О направленности и интенсивности процесса нитрификации, которую осуществляют специфические (индикаторные) микроорганизмы, можно определить работу нитрифицирующих бактерий, как объективного показателя степени плодородия почвы. Нитрификационная проба свидетельствует о потенциальной возможности накапливать то или иное количество минерального азота. Нитрификационная способность определяется по возрастанию в почве содержания нитратов после выдерживания ее в термостате при оптимальных для микроорганизмов условиях по Кравкову [21]. Содержание нитратного азота нами определялось потенциометрическим способом с помощью ионоселективного электрода и выражалось в мг  $\text{N-NO}_3$  на 1 кг почвы.

Интенсивность разложения льняной ткани (метод «аппликации») характеризует активность целлюлозных микроорганизмов (целлюлозолитическая активность почвы). А по выражению известного учёного-микробиолога Е.Н. Мишустина степень распада льняного полотна отражает «напряженность хода микробиологических процессов вообще» и, главное, зависит от гидротермических условий, характера растительности, плодородия почвы, агротехнических мероприятий. Для изучения целлюлозоразрушающей способности почвы использовали методику Мишустина, Вострова и Петровой [22,23] путём закладки полос размером 20 x 5 см льняной ткани в слоях почвы 0-10 и 10-20 см. Выкопку ткани производили че-

рез 90 дней (во время уборки). По интенсивности разложения полотна и его состоянию - цвет, степень и характер разрушения (сплошной, мозаичный), изменение в массе (убыль сухой массы ткани в граммах и процентах от исходной величины) - определяли целлюлозную активность почвы.

В своих исследованиях ставили задачу выявления средообразующей функции сорговых культур через определение основных показателей биологической активности почвы в зависимости от внесения минеральных удобрений (нитрофоска, аммиачная селитра) и посева сорго сахарного как в чистом виде, так и смеси с зернобобовыми культурами. Нашими экспериментами установлено, что при внесении элементов минерального питания отмечена заметная активизация жизнедеятельности почвенной биоты и, особенно, при уплотнении посевов сорго сахарного зернобобовыми. Полученные данные микробиологических исследований по изменению биологической активности почвы приведены в таблице 6.

Как видно из представленных данных, что с увеличением дозы вносимой аммиачной селитры в подкормку адекватно увеличивалась интенсивность дыхания почвы по сравнению с контрольным вариантом (6,74-9,82 мг  $\text{CO}_2$  /100 г в сутки, на контроле - без удобрений - 5,07). На вариантах с внесением минеральных удобрений (NPK)<sub>60</sub> - фон и фон + N<sub>30-90</sub> почвенное дыхание было выше на 1,17-4,75 мг  $\text{CO}_2$  /100 г почвы в сутки, чем на варианте без внесения NPK. Показатели ИДП также изменялись в уплотненных посевах сорго в зависимости от бобового компонента (вика яровая, горох пелюшка, кормовые бобы, люпин узколистый, соя) и варьировали от 5,22 до 7,87 мг  $\text{CO}_2$  /100 г почвы в сутки. С точки зрения активизации почвенной микрофлоры вегетирующие растения гороха кормового и люпина узколистного имели преимущество перед другими всевыми культурами (ИДП составила соответственно 7,01 и 7,87 мг диоксида углерода на 100 г почвы в сутки).

Содержание усвояемого азота в нитратной форме ( $\text{N-NO}_3^-$ ), связанного с деятельностью нитрифицирующих бактерий, относится к одному из показателей окультуренности почвы. Наши исследования показали, что концентрация нитратов в пахотном слое имела общую тенденцию увеличения по сравнению с весенним содержанием (до посева). Внесение минеральных удобрений, в том числе и азотные подкормки, способствовали увеличению нитрификационной способности более, чем в 2 раза (с 11,0 до 24,7 мг  $\text{NO}_3^-$  /1 кг), оказывая при этом значительное влияние на пищевой режим почвы.

Функциональная особенность почвенной биоты была обусловлена действием внесенных элементов минерального питания, которые активизировали деятельность целлюлозолитических микроорганизмов, осуществляющих разложение растительных остатков в почве. При этом отмечено, что на вариантах без внесения удобрений присуща меньшая активность данной группы микроорганизмов. В одновидовых посевах кукурузы и сорго сахарного (на контроле - без удобрений, после уборки) через 90 дней после закладки распад льняного волокна в верхнем слое почвы 0-10 см составил 62,1 и 64,8% соответственно, что на 13,9-15,0% выше, чем в слое 10-20 см. Посевы сорго на фоне внесения минеральных удобрений имели несколько большие темпы разложения, особен-

но в варианте - фон + азотная подкормка (N<sub>90</sub>) - свыше 71% (0-10 см) и 59,3% (10-20 см).

Таблица 6 - Изменение биологической активности почвы под посевами сорго сахарного, в среднем за 3 года

Вариант опыта	Интенсивность дыхания, мг CO <sub>2</sub> /100 г в сутки	Нитрификационная способность, мг N-NO <sub>3</sub> / 1 кг	Распад льняной ткани, %	
			0-10 см	10-20 см
Контроль (до посева)	3,91	10,1	-	-
Контроль (после уборки кукурузы)	4,67	10,8	62,1	47,2
Контроль (после уборки сорго сахарного)	5,07	11,0	64,8	52,9
Сорго сахарное Фон - (NPK) <sub>60</sub>	6,24	19,3	66,4	53,4
Фон- (NPK) <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	6,74	19,7	67,1	54,0
Фон- (NPK) <sub>60</sub> +N <sub>60</sub>	7,58	22,9	68,7	57,5
Фон - (NPK) <sub>60</sub> +N <sub>90</sub>	9,82	24,7	71,2	59,3
Сорго сахарное + вика яровая	5,68	13,8	51,4	61,2
Сорго сахарное + кормовые бобы	5,92	13,6	60,8	68,3
Сорго сахарное + люпин узколиственный	7,87	12,0	61,5	70,2
Сорго сахарное + горох кормовой	7,01	12,4	59,2	69,8
Сорго сахарное + соя культурная	5,22	15,0	64,5	73,5

Смешанные посевы с зернобобовыми культурами отличались тем, что целлюлозоразрушающая способность почвы под ними более активно проявлялась в слое 10-20 см и была на 7,5-10,6% выше, чем в верхнем слое. Во все сроки определения максимальная убыль сухой массы ткани в слое 10-20 см отмечена на варианте уплотнения междурядий сорго сахарного с люпином узколиственным - 70,2% и соей - 73,5%. Было также установлено, что интенсивность разложения льняной ткани в большей степени зависела от погодных условий и количества выпадающих осадков за вегетационный период. Так, лучше процесс распада клетчатки протекал в оптимальные по увлажнению годы, чем в сухие, когда темпы разложения снижались на 18-35%.

Таким образом, основываясь на результатах наблюдений за биологической активностью почвы, следует сказать, что значения этих показателей по всем исследуемым вариантам изменялись и находились в тесной зависимости

от метеорологических особенностей периода проведения исследований, прежде всего от уровня увлажнения почвы, применения минеральных удобрений, уплотнения бобовым компонентом и т.д.

**Заключение.** На основании проведённых полевых и лабораторных экспериментов следует констатировать факт преимущества при создании совмещённых (бинарных) посевов сорго кормового с целью повышения устойчивости урожайности, увеличения валового сбора корма и питательных веществ с единицы площади. Разнообразные виды кормов из сорго сахарного отличались по целому ряду показателей химического состава, имели высокую питательную и энергетическую ценность зелёной массы, сенажа, зерносенажа (9,3-9,5 МДж/кг, или 0,70-0,73 к.ед.). В условиях региона данные виды корма характеризовались как биологически полноценные для кормления всех видов сельскохозяйственных животных. Наибольшим энергопротеиновым отношением (ЭПО - количество граммов переваримого протеина в 1 энергетической кормовой единице) выделился корм, полученный в результате уплотнения сорго сахарного люпином жёлтым (9,5), сорго + горох пелюшка - 7,8 и соей (7,7). Обеспеченность переваримым протеином на 1 кормовую единицу корма с этих посевов составила 100-133 г. В результате определений концентрация подвижных форм тяжёлых металлов (кадмий, кобальт, никель, свинец, цинк) в полученных кормах значительно ниже предельно допустимой и не вызывает опасения для скармливания животным. Нами выявлена высокая агроэкологическая роль средообразующей функции сорговых культур через определение основных показателей биологической активности почвы в зависимости от внесения минеральных удобрений (нитрофоска, аммиачная селитра) и посева сорго сахарного как в чистом виде, так и смеси с зернобобовыми культурами. Установлено, что при внесении элементов минерального питания отмечена заметная активизация жизнедеятельности почвенной биоты и, особенно, бинарных посевов сорго сахарного с зернобобовыми культурами. В целом, полученные результаты экспериментальных данных характеризуют положительное решение актуальных вопросов развития биологизации земледелия на юго-западе Центрального региона России (на примере Брянской области).

### **Библиографический список**

1. Белюченко И.С. Особенности функционирования и экологический потенциал агроландшафтов Кубани // Совмещённые посевы полевых культур в севообороте ландшафта: сб. тр. междунар. науч. экол. конф. Краснодар: Изд-во Кубанский ГАУ, 2016. С. 10-17.
2. Артюхов А.И. Агроэкологические основы кормопроизводства на пахотных землях юго-западной части Нечерноземной зоны: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09 и 03.00.16. Брянск: Брянская ГСХА. 2002. 67 с.
3. Дронов А.В. Выращивание сорго на юго-западе Нечерноземья // Кормопроизводство. 2002. № 6. С. 14-16.
4. Лихачев Б.С., Дронов А.В., Дьяченко В.В. Перспективы использования сорговых культур в полевом кормопроизводстве юго-западной части Нечерноземной зоны России // Кормопроизводство. 2003. № 2. С. 11-16.

5. Дронов А.В. Агробиологическое обоснование интродукции сорговых культур в юго-западный регион Нечерноземья России: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА. 2007. 404 с.
6. Дьяченко В.В., Дронов А.В., Камовская Т.М. Возделывание суданской травы в поликультуре на серых лесных почвах Нечерноземья // Кормопроизводство. 2008. № 3. С. 16-19.
7. Свист М.Е. Совершенствование элементов технологии возделывания сорговых культур на серых лесных почвах юго-западной части Центрального региона России: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. Брянск: Брянская ГСХА. 2012. 20 с.
8. Дронов А.В., Дьяченко В.В. Научные идеи Н.И. Вавилова в интродукции культуры сорго в Нечерноземье России // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т. XXXIV, ч. 2. С. 251-258.
9. Изучение минерального питания кормового сорго / А.В. Дронов, В.В. Дьяченко, Р.Н. Светличный, Ю.М. Храчко // Агрехимический вестник. 2012. № 5. С. 30-31.
10. Дронов А.В., Зайцева О.А., Кундик С.М. Продуктивность сорго сахарного в одновидовых и бинарных посевах на юго-западе Центрального региона России // Вестник Курской ГСХА. 2015. № 5. С. 53-54.
11. Сорговые культуры в организации зелёного и сырьевого конвейеров в Брянской области / С.А. Бельченко, А.В. Дронов, В.Е. Ториков, И.Н. Белоус // Кормопроизводство. 2016. № 12. С. 17-20.
12. Дронов А.В., Симонова Е.А., Хавкина Л.В. Агроэнергетическая оценка и кормовая ценность одновидовых и совмещённых посевов сорговых культур в агроландшафтах Брянщины // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности: сб. ст. по материалам междунар. науч. экол. конф. Краснодар: КубГАУ, 2018. С. 390-392.
13. Ториков В.Е., Бельченко С.А., Дронов А.В., Дьяченко В.В., Ланцев В.В. Кукуруза и сорго в интенсивном земледелии юго-запада Центрального региона России: монография. Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2018. 208 с.
14. Верхоламочкин С.В., Бельченко С.А., Васькина Т.И. Агроэкологическое испытание сортов и гибридов сорго кормового [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] в условиях юго-западной части Центральной России // Вестник Курской ГСХА. 2021. № 3. С. 27-38.
15. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: ВИК, 1997. 156 с.
16. Якушевский Е.С., Варадинов С.Г., Корнейчук В.А., Баняи Л. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum* Moench. Л.: ВИ, 1982. 36 с.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
18. Экспертиза кормов и кормовых добавок: учеб.- справ. пособие / А.П. Мотовилов, В.М. Булатов и др. Новосибирск: Сиб. Унив. изд-во, 2004. 303 с.
19. Мельникова О.В. Изучение биологических свойств почвы - важнейшая задача экологического земледелия // Молодые ученые - возрождению сель-

ского хозяйства России в XXI веке: материалы Всеросс. науч.-практ. конф. Брянск, 1999. С. 91-92.

20. Мельникова О.В., Попов В.А. Индикация экологического статуса почвы по показателю интенсивности почвенного дыхания // Актуальные проблемы экологии на рубеже третьего тысячелетия и пути их решения: материалы международного науч.-практ. конф. Брянск, 1999. Ч. II. С. 249-252.

21. Смирнов П.М., Муравин Э.А. Агрохимия: учеб. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1991. С. 69-73.

22. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука. 1990. 189 с.

23. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1993. С. 123-126.

24. Развитие АПК Брянской области - 2022 год / Сычев С.М., Бельченко С.А., Малявко Г.П., Дронов А.В., Осипов А.А. // Современные тенденции развития аграрной науки. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Брянский государственный аграрный университет. 2022. С. 28-35.

УДК 633.888:631.86:581.43

## **ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ, МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЯМИ ВАЛЕРИАНЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ**

*The Effect Of Organic, Mineral Fertilizers On The Removal Of Elements  
Of Mineral Nutrition By Medicinal Valerian Plants*

**Ануфрик О. М.** научный сотрудник, *anufriko@mail.ru*  
*Anufrik O. M.*

РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси»  
г. Щучин, Беларусь

*RUE "Grodno Zonal Institute of Plant Growing of the National Academy  
of Sciences of Belarus" Shchuchin, Belarus*

**Аннотация:** Представлены результаты по содержанию элементов минерального питания в основной и побочной продукции валерианы лекарственной. Данные результаты позволили рассчитать общий и удельный вынос элементов питания, что дало возможность установить размеры потребления питательных элементов при формировании высокой урожайности корней и корневищ валерианы лекарственной.

**Abstract:** *The results on the content of mineral nutrition elements in the main and byproducts of valerian officinalis are presented. These results made it possible to calculate the total and specific removal of nutrients, which made it possible to determine the size of the consumption of nutrients during the formation of high yields of roots and rhizomes of valerian officinalis.*

**Ключевые слова:** валериана лекарственная, органические и минеральные удобрения, химический состав, общий и удельный вынос.

**Keywords:** *valerian officinalis, organic and mineral fertilizers, chemical composition, total and specific removal.*

**Введение.** Почвенно-климатические условия Беларуси хорошо подходят для получения качественного сырья сельскохозяйственной продукции, в том числе и лекарственных растений. Однако устаревшие технологии существенно повлияли на уменьшение площадей лекарственных растений. Лекарственное сырье в значительной степени импортируется из-за границы. Поэтому на данный момент стоит важная задача о промышленном культивировании в Беларуси наиболее ценных лекарственных растений, в частности валерианы лекарственной, с применением современных технологий выращивания.

Потребление растениями элементов минерального питания является сложным физиологическим процессом, который зависит от биологических особенностей растения и условий окружающей среды, в которой развивается растительный организм. Сильное влияние на вынос питательных веществ имеют и погодные условия, особенно засуха, резко снижает сбор товарной продукции, тем самым вызывает повышение расхода азота, фосфора и калия на формирование единицы урожая, потому что элементы, которые поступают в растение, далеко не полностью используются в процессах фотосинтеза [1].

Поэтому, определение величины выноса в длительных полевых опытах является весьма актуальным.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводились в 2016-2018 гг. на опытном поле УО «Гродненский государственный аграрный университет». Почва опытного участка – дерново-подзолистая, развивающаяся на песчанистой связной супеси, подстилаемая с глубины 50 см мореным суглинком. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы в годы исследований: гумус 1,6-1,8%; рН КС1 6,2-6,4; содержание  $P_2O_5$  165-182,  $K_2O$  150-164 мг/кг почвы.

Схема опыта:

- |                                   |                                     |                                      |
|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Фон 1–30 т/га навоза           | 6. Фон II– 60 т/га навоза           | 11. Фон III– 90 т/га навоза          |
| 2. Фон 1 + $N_{30}P_{20}K_{40}$   | 7. Фон II+ $N_{30}P_{20}K_{40}$     | 12. Фон III+ $N_{30}P_{20}K_{40}$    |
| 3. Фон 1 + $N_{60}P_{40}K_{80}$   | 8. Фон II+ $N_{60}P_{40}K_{80}$     | 13. Фон III+ $N_{60}P_{40}K_{80}$    |
| 4. Фон 1 + $N_{90}P_{60}K_{120}$  | 9. Фон II + $N_{90}P_{60}K_{120}$   | 14. Фон III + $N_{90}P_{60}K_{120}$  |
| 5. Фон 1 + $N_{120}P_{80}K_{160}$ | 10. Фон II + $N_{120}P_{80}K_{160}$ | 15. Фон III + $N_{120}P_{80}K_{160}$ |

Размещение в 3-х кратной повторности. Общая площадь делянки 42 м<sup>2</sup> (2,8x15), учетная площадь 14 м<sup>2</sup> (1,4x10). Размещение делянок рендомизированное. В исследования использовался сорт Кардиола, применялась рассадная однолетняя технология возделывания валерианы лекарственной, позволяющая получить корни и корневища в течение одного года вегетации в отличие от традиционной двухлетней технологии выращивания

Первый этап заключался в посеве семян в почву и получении рассады в закрытом грунте, второй посадку рассады в открытый грунт. Схема посадки 70x30 см. Норма посадки 43 тыс. растений на 1 гектар.

Вегетационный период произрастания валерианы лекарственной отличался погодно-климатическими условиями, в частности, по водному и температурному режимам.

Валериана лекарственная является влаголюбивой культурой, наиболее благоприятные условия складывались в 2016 и 2017 гг. при достаточном и несколько избыточном увлажнении, что позволило представить результаты как среднее за 2 года исследований.

2018 год характеризовался неблагоприятными условиями для возделывания валерианы. Это было связано с неравномерным выпадением осадков и превышением среднемесячных температур над среднегодовыми данными на 2,0...4,2 °С. Поэтому обсуждение результатов за этот год выносятся отдельно.

**Результаты исследований.** Условия минерального питания растений влияют не только на урожай, но и на содержание и соотношение питательных элементов в растениях. Несмотря на резкие различия в количественной потребности, функции каждого необходимого макро- и микроэлемента в растениях строго специфичны, ни один элемент не может быть заменен другим. Нехватка любого из элементов приводит к нарушению обмена веществ и физиологических процессов у растений, ухудшая их рост и развитие [2].

Проведенные исследования показали, что по содержанию основных элементов питания наиболее богатой оказалась надземная часть растений валерианы лекарственной. По убыванию расположено химические элементы выглядело следующим образом: калий, азот, кальций, фосфор, магний (табл. 1, 2).

В условиях оптимальных для развития растений (2016-2017 гг.) количество калия в надземной части растений в зависимости от уровня минерального питания составило 2,78-3,76 %, азота – 2,10-2,61 %, кальция – 1,97-2,20 %, фосфора – 1,10-1,40 %, магния – 0,52-0,61 %.

В корнях и корневищах (товарная часть) количество калия составило 1,38-1,56 %, азота – 0,69-1,30 %, кальция – 0,44-0,57 % фосфора – 0,29-0,37 %, магния – 0,19-0,21 %.

В 2018 содержание основных элементов питания, как в надземной части, так и в товарной части было выше, чем в годы с оптимальными условиями развития (2016-2017 гг.). Так содержание калия в ботве было на уровне 1,97-2,20 %, азота – 2,28-2,84 %, кальция – 2,05-2,18 %, фосфора – 2,78-3,76 %, магния – 0,60-0,72 %. Корни и корневища содержали: 1,30-1,57 % калия, 0,79-1,47 % азота, 0,59-0,62 % кальция, 0,35-0,50 %, фосфора и 0,23-0,27 % магния.

На протяжении всего роста и развития растения поглощают из почвы питательные элементы, в том числе и микроэлементы, однако некоторые элементы (калий, азот, фосфор и др.) выносятся из почвы в таких количествах, что она обедняется их соединениями, что приводит к снижению плодородия почв. Снижение содержания питательных элементов в почвах связано с выносом их культурными растениями [3].

Данные по содержанию основных элементов питания в корнях, корневищах и надземной части позволили рассчитать общий вынос. В первую очередь вынос был представлен калием и азотом, затем кальцием и фосфором, в конце

магний. Такая закономерность присуща для культур, которые используются на технические цели в сущности это картофель, рапс, сахарная свекла.

Таблица 1 - Химический состав корней и корневищ валерианы лекарственной (% в сухом веществе), 2016-2018 гг.

Вариант опыта	Корни и корневища									
	азот		фосфор		калий		кальций		магний	
	2016-2017	2018	2016-2017	2018	2016-2017	2018	2016-2017	2018	2016-2017	2018
1	0,69	0,79	0,29	0,36	1,38	1,58	0,44	0,60	0,19	0,25
2	0,78	0,88	0,30	0,39	1,41	1,63	0,54	0,61	0,18	0,26
3	1,20	1,35	0,31	0,44	1,49	1,67	0,54	0,60	0,19	0,24
4	1,26	1,36	0,33	0,47	1,50	1,70	0,58	0,59	0,20	0,23
5	1,25	1,41	0,34	0,49	1,55	1,75	0,56	0,59	0,21	0,25
6	0,70	0,80	0,29	0,35	1,37	1,57	0,48	0,59	0,20	0,27
7	0,83	0,87	0,32	0,40	1,44	1,65	0,55	0,61	0,22	0,26
8	1,25	1,39	0,32	0,43	1,49	1,69	0,56	0,60	0,19	0,21
9	1,27	1,37	0,36	0,46	1,52	1,71	0,53	0,62	0,20	0,24
10	1,29	1,40	0,38	0,49	1,57	1,75	0,56	0,60	0,20	0,23
11	0,72	0,84	0,30	0,37	1,30	1,60	0,52	0,61	0,22	0,27
12	0,84	0,90	0,32	0,41	1,45	1,65	0,55	0,60	0,23	0,25
13	1,24	1,44	0,33	0,41	1,48	1,70	0,55	0,61	0,20	0,23
14	1,28	1,42	0,35	0,45	1,57	1,71	0,57	0,62	0,21	0,25
15	1,30	1,47	0,37	0,50	1,56	1,76	0,57	0,62	0,21	0,26
	Надземная часть растений									
1	2,10	2,28	1,10	1,51	2,78	1,97	1,49	2,05	0,52	0,62
2	2,19	2,33	1,18	1,54	2,84	2,10	1,52	2,15	0,52	0,68
3	2,27	2,40	1,24	1,57	2,87	2,10	1,54	2,10	0,54	0,60
4	2,37	2,44	1,30	1,59	2,87	2,12	1,54	2,07	0,53	0,67
5	2,46	2,49	1,36	1,63	2,92	2,13	1,62	2,07	0,54	0,67
6	2,33	2,43	1,21	1,61	2,85	2,10	1,60	2,20	0,56	0,64
7	2,37	2,50	1,22	1,63	3,01	2,06	1,62	2,18	0,58	0,66
8	2,39	2,64	1,25	1,66	3,20	2,12	1,60	2,18	0,57	0,66
9	2,50	2,72	1,30	1,70	3,28	2,10	1,58	2,16	0,55	0,65
10	2,54	2,78	1,32	1,72	3,34	2,00	1,61	2,15	0,56	0,65
11	2,44	2,56	1,38	1,74	3,26	2,19	1,72	2,27	0,58	0,72
12	2,48	2,62	1,40	1,77	3,48	2,10	1,69	2,16	0,61	0,70
13	2,52	2,70	1,38	1,80	3,74	2,09	1,70	2,17	0,56	0,68
14	2,56	2,76	1,38	1,82	3,76	2,15	1,68	2,17	0,56	0,68
15	2,61	2,84	1,40	1,85	3,76	2,20	1,66	2,18	0,57	0,60

Таблица 2 - Влияние удобрений на общий вынос элементов минерального питания валерианы лекарственной, кг/га (в среднем за 2016-2018 гг.)

Вариант опыта	Общий вынос									
	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		CaO		MgO	
	2016-2017	2018	2016-2017	2018	2016-2017	2018	2016-2017	2018	2016-2017	2018
1	60,5	51,9	29,3	30,0	95,6	68,5	41,2	43,7	15,6	15,0
2	75,0	59,7	36,2	34,2	111,3	77,2	52,1	49,5	17,7	17,5
3	101,3	92,4	41,2	45,9	126,9	96,9	57,5	61,7	20,2	19,9
4	123,7	104,3	50,3	53,3	148,5	108,8	68,7	68,6	23,7	23,6
5	136,6	117,9	56,5	60,5	165,8	121,9	75,7	75,6	26,5	26,8
6	91,6	70,5	44,4	41,9	134,1	84,3	62,9	60,2	23,4	20,1
7	107,3	77,6	50,5	46,1	153,3	89,5	72,6	63,7	27,0	21,4
8	141,2	104,5	57,4	50,9	180,0	103,1	80,9	68,0	28,4	21,5
9	164,3	120,0	67,7	60,5	206,9	116,2	87,7	78,2	31,5	25,5
10	178,5	129,4	74,9	65,4	227,0	121,9	97,3	81,3	34,2	26,5
11	109,5	92,3	56,4	57,4	163,8	102,9	77,8	78,3	28,6	26,9
12	127,3	101,7	63,7	63,3	193,1	107,1	85,6	80,0	32,6	27,5
13	161,7	131,3	68,6	68,3	219,4	122,0	92,8	86,4	31,6	28,4
14	182,8	138,9	76,6	73,7	248,4	130,4	102,5	90,6	35,4	30,6
15	201,9	150,1	85,9	79,9	269,4	140,5	110,8	95,3	39,0	29,8

Таблица 3 - Влияние органических, минеральных удобрений на удельный вынос элементов минерального питания растениями валерианы лекарственной 2016-2018 гг.

Вариант опыта	Удельный вынос, кг на 1 т корней и корневищ и соответствующее количество надземной части									
	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		CaO		MgO	
	2016-2017	2018	2016-2017	2018	2016-2017	2018	2016-2017	2018	2016-2017	2018
1	18,1	19,6	8,8	11,4	28,6	25,9	12,3	16,5	4,7	5,7
2	21,6	21,4	13,0	12,2	31,9	27,7	15,0	17,7	5,1	6,3
3	24,8	28,0	12,5	13,9	31,0	29,5	14,1	18,8	4,9	6,0
4	25,5	29,6	14,3	15,1	30,6	30,9	14,2	19,5	4,9	6,7
5	25,2	30,5	14,6	15,7	30,6	31,6	14,0	19,5	4,9	6,9
6	21,3	26,4	16,6	15,7	31,2	31,6	14,6	22,5	5,4	7,5
7	24,3	28,5	18,5	16,9	34,7	32,8	16,4	23,3	6,1	7,8
8	28,8	31,3	17,2	15,2	36,7	30,9	16,5	20,4	5,8	6,4
9	27,8	32,8	18,5	16,5	35,0	31,7	14,8	21,4	5,3	6,9
10	29,0	33,3	19,3	16,9	36,8	31,4	15,8	21,0	5,5	6,8
11	21,1	34,1	20,8	21,2	31,6	38,0	15,1	28,9	5,5	9,9
12	24,0	37,0	23,2	23,0	36,4	38,9	16,2	29,1	6,1	10,0
13	28,4	37,6	19,7	19,6	38,5	35,0	16,3	24,7	5,5	8,1
14	28,3	37,7	20,8	20,0	38,4	35,4	15,9	24,6	5,5	8,3
15	29,4	38,4	21,9	20,4	39,3	35,9	16,2	24,4	5,7	7,6

Отмечено, что под действием органических и минеральных удобрений удельный вынос возрастал. Так, в среднем, за 2016-2017 гг. (оптимальные условия), удельный вынос азота составил 21,5-29,4 кг, фосфора 10,4-12,5 кг, калия 32,0-39,3 кг, кальция 15,0-16,3 кг, магния 5,1-6,1 кг (табл. 2, 3). В условиях 2018 года (неблагоприятный год) удельный вынос элементов некоторых элементов питания был выше, чем при оптимальных условия возделывания. Так, удельный вынос азота вырос на 3,2-9,0 кг, кальция 2,7-8,2 кг, магния 1,1-3,9 кг/1 т корней и корневищ и соответствующее количество надземной части. Удельный вынос фосфора в условиях засухи стал ниже на 0,8-15,0 кг и калия 3,4-4,2 кг соответственно.

**Заключение.** Потребление элементов минерального питания растениями валерианы лекарственной в виде общего и удельного выноса является важнейшей характеристикой развития продукционного процесса, что в конечном итоге должно сказаться на величине урожайности корней и корневищ этой культуры. Установлено, что при повышении уровня минерального питания возрастает как общий, так и удельный вынос элементов, что связано с повышением урожайности корней и корневищ и увеличением содержания в них минеральных элементов. Данная закономерность установлена при различных метеорологических условиях вегетационного периода как при нормальных условиях увлажнения, так и при засухе. Определенный интерес представляет структура выноса питательных элементов с преимущественным потреблением калия и азота, что наряду с удельным выносом должно лечь в основу определения доз минеральных удобрения при возделывании культуры.

### Библиографический список

1. Марчук И.У., Макаренко В.М., Розстальный В.Е. Удобрения и их использование. М.: Аристей, 2014. 263 с
2. Роль отдельных элементов в жизни растений. Вынос питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур. – Режим доступа: <https://agromage.com>. Дата доступа: 31.10.2022.
3. Вынос растениями элементов питания из почвы. – Режим доступа: [https://studme.org/352536/matematika\\_himiya\\_fizik/vynos\\_rasteniyami\\_elementov\\_pitaniya\\_pochvy](https://studme.org/352536/matematika_himiya_fizik/vynos_rasteniyami_elementov_pitaniya_pochvy). Дата доступа: 17.10.2022.
4. Торицов В.Е., Мешков И.И. Культивируемые и дикорастущие лекарственные растения. Сер. Учебники для вузов. Специальная литература. Санкт-Петербург, 2019.
5. Торицов В.Е. Технология возделывания и использования лекарственных растений. Сер. Серия "Библиотека садовода и огородника". Ростов-на-Дону, 2006.
6. Торицов В.Е., Мешков И.И. Промышленная технология возделывания лекарственных растений. Брянск, 2005.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

*Simulation of laser irradiation regimes of plants in culture in vitro*

Будаговский А.В.<sup>1,2</sup>, доктор технических наук, *budagovsky@mail.ru*  
Соловых Н.В.<sup>2</sup>, кандидат биологических наук, *natalyasolovykh@yandex.ru*  
Будаговская О.Н.<sup>1,2</sup>, доктор технических наук, *budagovsky@mail.ru*  
Янковская М.Б.<sup>2</sup>, *mary.janck@yandex.ru*  
*Budagovsky A.V., Solovykh N.V., Budagovskaya O.N., Yankovskaya M.B.*

<sup>1</sup>ФГБНУ Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина  
*MichurinFederalresearchcenter*

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Мичуринский государственный аграрный университет  
*Michurinsk State Agrarian University*

**Аннотация.** На культивируемых *in vitro* микрочеренках ежевики и малины красной проведено моделирование фоторегуляторного действия периодического лазерного излучения красной области спектра. Показано, что наибольшее (двукратное) увеличение ростовых показателей может быть получено при использовании серии коротких (1; 7,5 с) импульсов когерентного света.

**Annotation.** Modeling of the photoregulatory action of periodic laser radiation in the red region of the spectrum was carried out on blackberry and red raspberry microcuttings cultivated in vitro. It is shown that the greatest (twofold) increase in growth rates can be obtained using a series of short (1; 7.5 s) pulses of coherent light.

**Ключевые слова:** микрочеренки, культивирование *in vitro*, стимуляционный эффект, периодическое лазерное облучение.

**Keywords:** microcuttings, in vitro cultivation, stimulation effect, periodic laser irradiation.

**Введение.** Первые эксперименты по лазерному облучению биологических объектов были проведены ещё в шестидесятые годы прошлого века. Наряду с вполне ожидаемым тепловым действием света высокой яркости был обнаружен парадоксальный эффект низкоинтенсивного (единицы и доли Вт/м<sup>2</sup>) когерентного излучения. Он проявлялся в неспецифическом повышении функциональной активности клеток различных организмов (от бактерий до животных) и слабо зависел от количества поглощённой энергии. Этот феномен получил название лазерной стимуляции и стал применяться в биологии, медицине и сельском хозяйстве. В растениеводстве лазерное облучение использовали для увеличения всхожести семян и их устойчивости к болезням, при вегетативном размножении трудно укореняемых культур, ускоренном получении посадочного материала *in vitro*, повышении сохранности плодов в послеуборочный период и т.п. [1]. Несмотря на хорошую воспроизводимость экспериментальных данных, механизм явления оставался предметом дискуссий. Выдвигались различные, а порой и парадоксальные гипотезы. Полагали, что возможно нефотосинтетическое запасание энергии света на уровне дыхательной цепи [2]. Попу-

лярным было мнение о мутагенном действии низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) [3, 4]. Стимуляционный эффект объясняли также нерезонансным, тепловым действием квазимонохроматического света [5] или же участием каталазы в резонансном поглощении света гелий-неоновых лазеров [6, 7] и др. Все эти модели хотя и вносили определённый вклад в изучение механизма фоторегуляторного действия когерентного, в частности, лазерного излучения, являлись весьма ограниченными или даже ошибочными.

В современном представлении трансформация оптического сигнала в клетке происходит следующим образом: возбуждение фотоакцептора, формирование химического сигнала, его преобразование и усиление в цепях метаболической и/или эпигенетической регуляции, изменение каталитической или транскрипционной активности макромолекул, биосинтез конечных продуктов ответной реакции или их перераспределение в клетках, тканях и органах [8, 9]. Передача оптического сигнала начинается с поглощения фотонов специфическими хромопротеидами: фитохромами, фототропинами, криптохромами, UVR8-рецептором и др. Возбуждение этих белковых молекул приводит к изменению их конформации и запуску химических сигнальных каскадов.

В биологии наибольшее распространение получили лазеры, генерирующие в красной области спектра. У растений в этом диапазоне поглощают фитохромы (ФХ) – рецепторы фотоморфогенеза. Они обладают способностью к обратимой цис-транс-изомеризации под действием света различного спектрального состава:  $\text{ФХ}_{660} \xrightleftharpoons[\lambda \approx 730]{\lambda \approx 660} \text{ФХ}_{730}$ . Фотоконверсия ФХ влияет на многие обменные процессы: нуклеотидный, белковый, липидный, углеводный, энергетический [8, 9]. Формой, стимулирующей физиологическую активность растений, является ФХ<sub>730</sub>. Ее высокая концентрация поддерживается излучением в спектральном интервале 600...690 нм. Действие дальнего красного света (700...780 нм) смещает равновесие в пользу ФХ<sub>660</sub>, что приводит к торможению клеточного метаболизма. Таким образом, свет контролирует важнейшие функции клетки, вплоть до экспрессии генов.

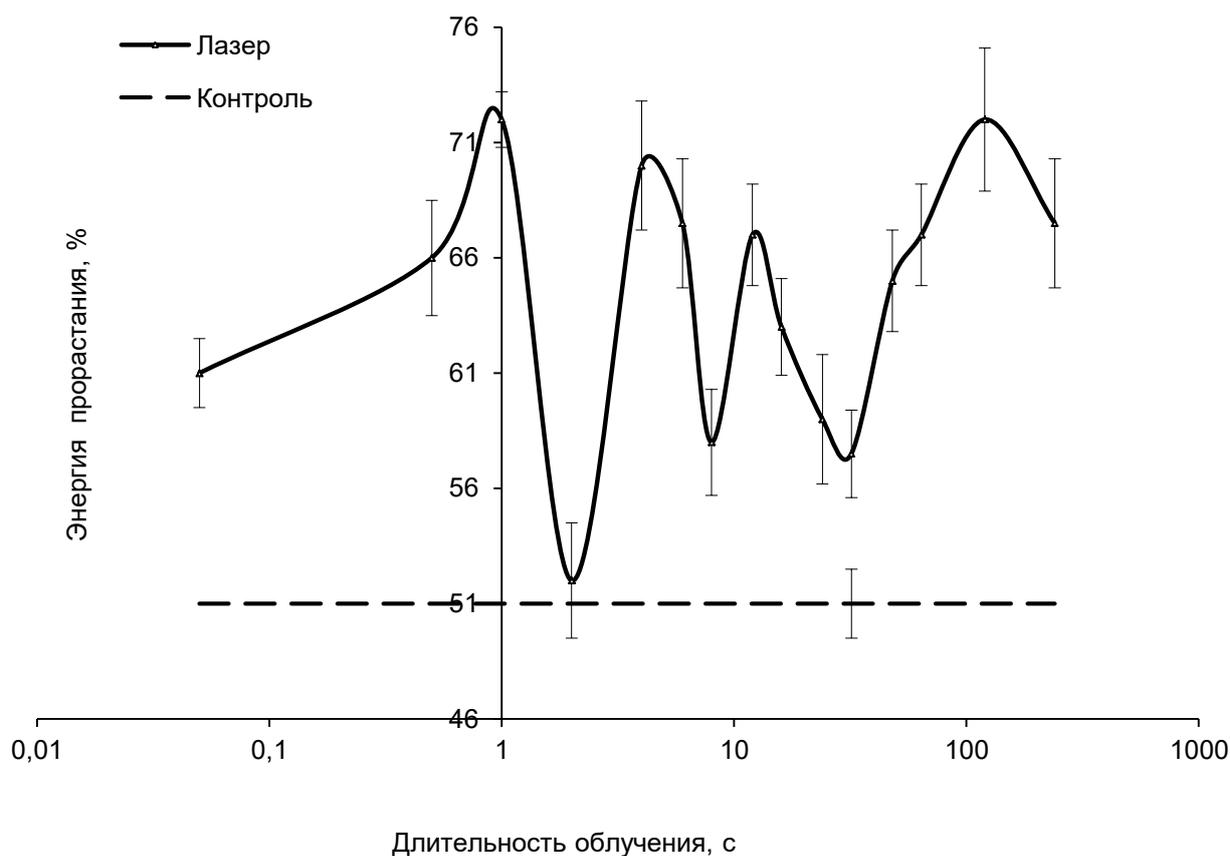


Рис. 1 - Зависимость энергии прорастания семян ячменя от длительности лазерного облучения в диапазоне 0,05...240 с. Плотность мощности 0,25 Вт/м<sup>2</sup>. Длина волны 632,8 нм. (Рис. из [16]).

Эволюционно такой механизм возник в связи с изменением спектрального состава солнечной радиации на поверхности Земли в течение суток. Повышение в утренние часы доли красных лучей смещает равновесие фитохромов в сторону формы ФХ<sub>730</sub>, что позволяет растительным организмам подготовиться к высокой освещённости и активной жизнедеятельности в дневное время. Таким образом, в основе феномена лазерной стимуляции лежит опосредованная фитохромом и другими хромопротеидами регуляция клеточного метаболизма.

Для практических целей важно определить режимы облучения, обеспечивающие наибольший фотоиндуцированный эффект. Сложность заключается в том, что у растений ответная реакция на когерентный свет нелинейно связана с длительностью облучения и носит многомодальный характер (рис. 1). Положение максимумов на временной оси нестабильно зависит от действия на клетку внутренних и внешних факторов. Для получения более устойчивого результата используют многократное облучение. Но этот вопрос остаётся дискуссионным несмотря на значительное количество исследований.

При однократной лазерной обработке на установке «Львов - 1 Электроника» полезная продуктивность семян фасоли выросла на 17,5 % [10]. Существенно лучшие результаты представлены Г. Стаиковым [11], которому удалось добиться 47 % повышения урожайности этой культуры при 2- и 3-кратном ана-

логичном облучении. У сортов томата Кристи и Стандарт биохимические характеристики плодов превосходили контрольный уровень, но мало различались между собой как при одно- так и пятикратной обработках семян [12]. В отдельных экспериментах проводили десятикратное облучение, которое дало значительный положительный эффект [13]. Однако, есть и другие данные. Двукратное облучение семян кукурузы гибрида ВС – 66/25 на установке «Львов - 1 Электроника» не привело к статистически доказанному увеличению урожая зерна [14]. На других гибридах этой культуры (Рх - 20, Киежа 611, Н - 708) также не получено различий с контролем при 1-, 2-, 4-, и 8-кратном облучении [15].

Получение неточных или противоречивых результатов в агрономических опытах вполне ожидаемо. Оно связано с неоднородностью используемого биологического материала и невозможностью создания выровненных условий культивирования. Этим недостаткам в значительной мере лишены биотехнологические методы, которые были использованы для моделирования режимов лазерного облучения растительных организмов в культуре *in vitro*.

**Цель исследования** - получение более высокого стимуляционного эффекта посредством многократного (импульсного или периодического) действия света. Такие исследования представляют не только научный, но и практический интерес, т.к. позволят оптимизировать параметры технологических приёмов лазерной обработки растений.

**Объекты и методы исследования.** Эксперименты проводили на растениях ежевики (род *Rubus*) сорта Блэксэтин и малины красной (*Rubus idaeus* L.) сорта Оранжевое чудо. Для размножения ежевики *in vitro* микрочеренки высаживали на среду с минеральным составом по прописи Мурасиге и Скуга (MS), содержащую 20-30 г/л сахарозы, 0,5 мг/л гибберелловой кислоты (ГК), 0,1 мг/л β-индолил-3-масляной кислоты (ИМК) и 0,5-1,0 мг/л 6-бензиламинопурина (6-БАП). Для размножения малины красной использовали среду MS с уменьшенным вдвое содержанием макросолей, содержащую 20 г/л сахарозы, 0,5 мг/л гибберелловой кислоты (ГК), 0,1 мг/л β-индолил-3-масляной кислоты (ИМК) и 0,5 мг/л 6-бензиламинопурина (6-БАП).

Для укоренения ежевики *in vitro* микрочеренки высаживали на среду с минеральным составом по прописи Мурасиге и Скуга (MS), содержащую половинное количество макросолей, 15 г/л сахарозы, 0,5 мг/л гибберелловой кислоты (ГК) и 0,5-1,0 мг/л β-индолил-3-масляной кислоты (ИМК).

Для укоренения малины красной использовали среду MS с уменьшенным вдвое содержанием макросолей, содержащую 15 г/л сахарозы, 0,5 мг/л гибберелловой кислоты (ГК) и 0,5 мг/л β-индолил-3-масляной кислоты (ИМК).

Облучение квазимонохроматическим (когерентным) светом с длиной волны 650 нм и плотностью мощности 2 Вт/м<sup>2</sup> проводили после 1 часовой темновой адаптации. Культивировали при 16-часовом фотопериоде, общая полихроматическая освещённость 2000 Лк, температура 23±2°С. Учёты проводили каждые 10 дней. Элементами учёта служили число и длина побегов и корней на каждый эксплант. Повторность опытов не менее пятикратной. Микрочеренки растений облучали в колбах без нарушения стерильности.

Для проведения экспериментов создано оптико-электронное оборудование с компьютерным управлением, способное формировать потоки когерентного света определённой длительности, периодичности, скважности и плотности мощности. Мощность и плотность мощности квазимонохроматического излучения регистрировали с помощью высокоточного измерителя лазерного излучения VEGA Ophir (Израиль) и калориметрического измерителя ИМО-2Н («Эталон», Россия).

Было проведено три группы экспериментов с различными режимами облучения. В первой - лазерная обработка проходила в течение 480 с по следующим вариантам опыта: однократно; один раз каждые 7 дней; ежедневно в течение всего времени культивирования. В этих же вариантах определяли фотосинтетическую активность побегов *in vitro* без нарушения стерильности. Для этого использовали хлорофиллфлуориметр LPT - 3К (Россия) с компьютерной регистрацией результатов измерений.

Во второй группе лазерное облучение проходило узкой (5 мм) неподвижной полосой в течение 240 с, а также в режиме сканирования полосой с частотами 5; 21; и 42 цикла в минуту.

В третьей группе воздействовали на микрочеренки световыми (лазерными) импульсами длительностью 1 с; 7,5 с; 15 с; и 30 с темновыми интервалами между ними 30 с. В каждом варианте опыта по 8 циклов. Наряду с этим использовали непрерывное однократное облучение 240 с.

**Результаты исследования.** Проведенные исследования показали, что кратковременное лазерное облучение повышает регенерационную активность микрочеренков малины и ежевики культивируемых *in vitro*. Это проявлялось как на среде размножения по длине и числу побегов, так и на среде ризогенеза по длине и числу корней. В первой группе опытов значительный стимуляционный эффект отмечен у ежевики, ростовые показатели которой в 1,6 - 2 раза превосходили аналогичные значения необлучённых черенков (рис. 2, рис. 4). У малины красной различия с контролем не превышали 40 %.

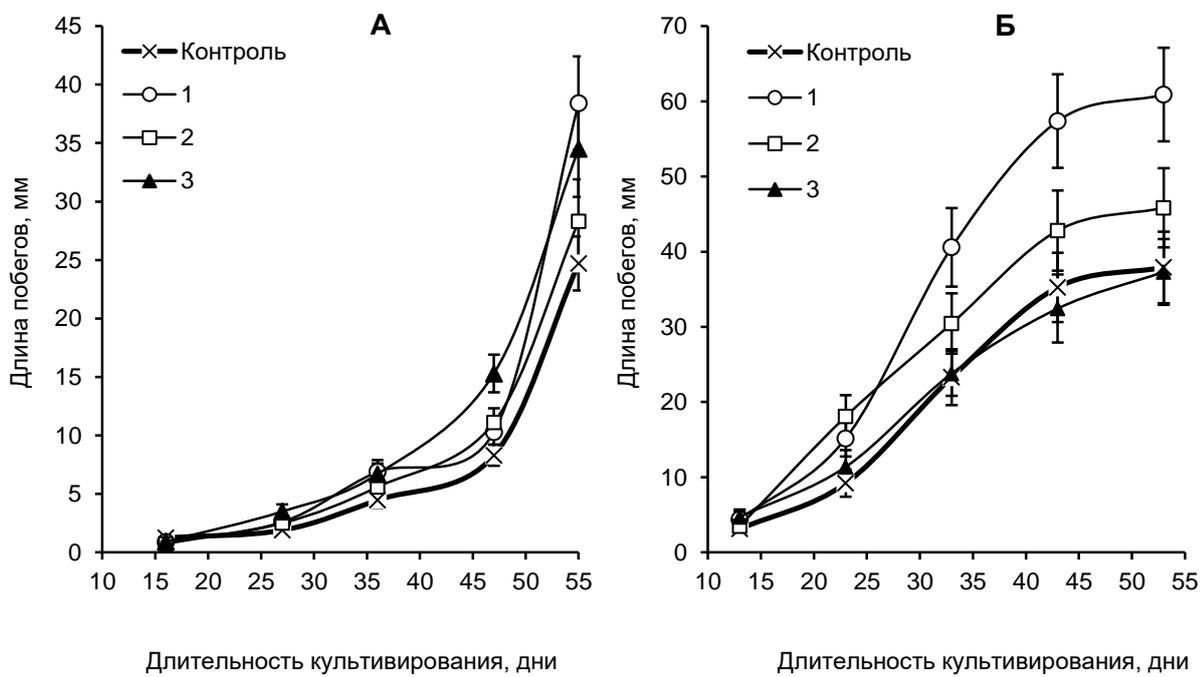


Рис. 2 – Изменение длины побегов малины красной сорта Оранжевое чудо (А) и ежевики сорта Блэк сэтин (Б) *in vitro* при различном количестве лазерных облучений. Варианты опыта: Контроль (без облучения), 1 – однократное облучение, 2 – облучение 1 раз в 7 дней, 3 – ежедневное облучение. Длительность облучения 480 с.

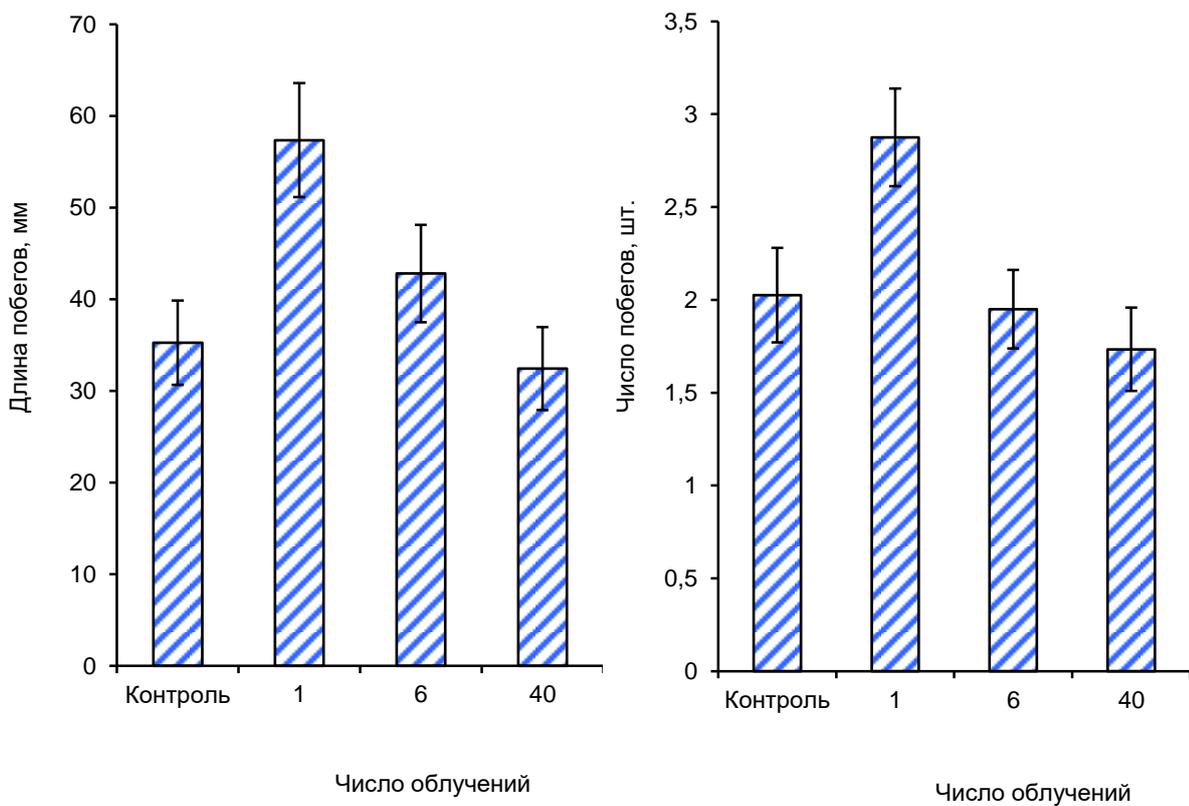


Рис. 3 – Морфологические показатели микрочеренков ежевики сорта Блэксэтин при различном количестве лазерных облучений. Длительность культивирования 43 дня

Интерес представляет тот факт, что на среде размножения наибольшую фотоиндуцированную реакцию (длина и число побегов) наблюдали при однократном облучении (рис. 3). По мере увеличения количества обработок величина этих показателей снижалась и при ежедневной лазерной досветке опускалась до контрольного уровня (без облучения).

Корнеобразование на среде ризогенеза, наоборот, усиливалось при многократных обработках (рис. 4 А). Например, еженедельное облучение увеличило число и длину корней более чем в 2 раза в сравнении с контрольным вариантом. Такой же закономерности подчинялась и фотосинтетическая активность побегов, измеренная методом индуцированной флуоресценции хлорофилла (рис. 4 Б).

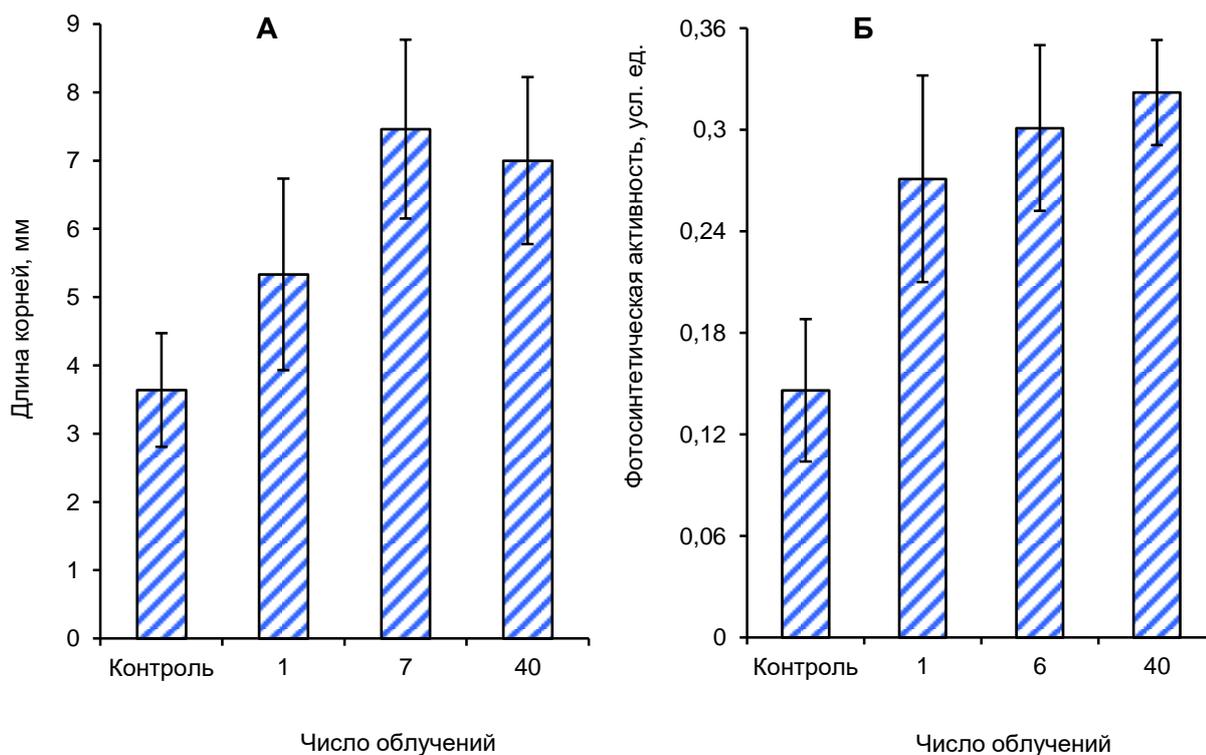


Рис. 4 – Длина корней (А) и удельная фотосинтетическая активность (Б) побегов ежевики сорта Блэксэтин при различном количестве лазерных облучений на среде ризогенеза. Длительность культивирования 47 дней

Судя по данным, представленным на рисунке 3, избыточное лазерное облучение затормозило транспорт экзогенных цитокининов и гиббереллинов в микрочеренках на среде размножения. Это следует из снижения числа и длины побегов при ежедневной обработке когерентным светом. Синтез эндогенных ауксинов, наоборот, усиливался при многократном фоторегуляторном воздействии. Косвенным подтверждением может служить увеличение длины корней и фотосинтетической активности побегов при более частом лазерном облучении (рис. 4). Полученные результаты представляют интерес для оптимизации режимов лазерных агротехнологий. Но предварительно предстоит провести физиологические и биохимические исследования, чтобы понять ме-

ханизм влияния когерентного света на синтез и транспорт гормонов в микро-черенках, культивируемых *in vitro*.

Для обработки больших массивов растительных объектов используют различные режимы сканирования лазерным пучком. При этом в актуальной зоне происходит чередование световых и темновых фаз. Моделирование такого режима облучения было проведено *in vitro* во второй группе экспериментов. Они показали, что сканирование световой полосой биологически менее эффективно, чем облучение неподвижным лазерным пучком. Длина побегов у малины красной возросла на 24 %, а у ежевики – на 31 % в сравнении с необлучённым контролем. При непрерывном облучении этот показатель увеличивался до 1,6 и 2,0 раз соответственно.

Заметный биологический эффект получен в третьей группе экспериментов. Действие серии коротких (1 - 30 с) лазерных импульсов усилило ростовую реакцию микрочеренков ежевики. Через 30 дней культивирования число побегов и их длина превосходили контрольные показатели в 1,7 - 2,2 раза (рис. 5). Малина, как и в предыдущих экспериментах, оказалась менее чувствительной к когерентному свету. Максимальное значение фотоиндуцированной реакции не превышало 20 %. Лучшие результаты для двух этих культур были получены при длительности лазерных импульсов 1 и 7,5 с.

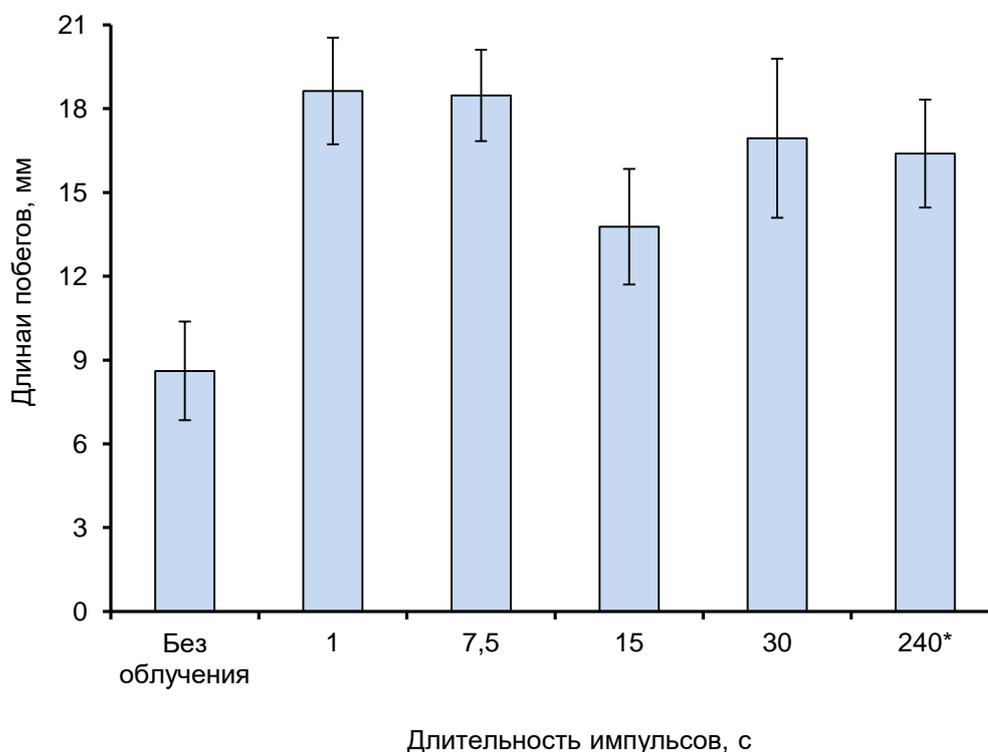


Рис. 5 – Влияние длительности лазерных импульсов на длину побегов ежевики через 30 дней культивирования в условиях *in vitro*. Количество импульсов в серии – 8. Режим 240\* - непрерывное облучение в течение 240 с

**Заключение.** Применение созданного оборудования позволило провести эксперименты по влиянию непрерывного и импульсного лазерного облучения на ростовые показатели микро черенков ежевики и малины красной в культуре *in vitro*. Установлено, что на среде размножения наибольший стимуляционный

эффект получен при однократной обработке за весь период вегетации. На среде ризогенеза лучший результат наблюдали при еженедельной или ежедневной лазерной досветке в течение 480 с. Такой противоречивый результат вероятно связан с тем, что в отсутствие корней микрочеренки использовали экзогенные цитокинины из питательной среды и на их концентрацию лазерное излучение не влияло. Ауксины синтезировались в образующихся микропобегах, на функциональную активность которых когерентный свет оказывает существенное влияние [17].

Сканирование микро черенков узкой полосой когерентного света хотя и позволяет облучать большое количество биологических объектов, но фотоиндуцированный эффект при этом оказывался низким. Причина может быть связана со слишком коротким временем воздействия излучения на микро черенки (0,022 - 0,2 с за цикл), что, вероятно, недостаточно для более полной фотоконверсии фитохрома Б в активную форму.

Существенно лучшие результаты обеспечила лазерная обработка микро черенков короткими импульсами света. Например, у ежевики стимуляционный эффект восьмикратной повторности односекундных импульсов на 14 % превзошел вариант с непрерывным световым воздействием и в 2,2 раза необлученный контроль (рис. 5). При этом суммарная длительность облучения (8 с), а соответственно, и затраты электроэнергии на этот процесс, уменьшились в 30 раз. Такой режим можно считать биологически эффективным и экономически выгодным.

Проведенные исследования показали, что наилучший результат, как по стимуляции ростовых процессов ежевики и малины красной, так и по энергоэффективности лазерной обработки растений *in vitro* может быть получен при использовании коротких (1; 7,5 с) импульсов когерентного света красной области спектра.

### Библиографический список

1. Будаговский А.В. Теория и практика лазерной обработки растений. Мичуринск: ВНИИГиСПР, 2008. 548 с.
2. Шахов А.А. Фотоэнергетика растений и урожай. М.: Наука, 1993. 411 с.
3. Дудин Г.П. Мутагенное действие излучения гелий-неонового лазера на яровой ячмень // Генетика. 1983. № 10 (10). С. 1693-1699.
4. In vitro laser radiation induces mutation and growth in *Eustoma grandiflorum* plant / A.D.M. Abou-Dahab, T.A. Mohammed, A.A. Heikal et al. // Bulletin of the National Research Centre. 2019. Vol. 43, No. 3. P. 1–13.
5. Воронина О.Ю., Каплан М.А., Степанов В.А. Нерезонансный механизм биостимулирующего действия низкоинтенсивного лазерного излучения. Обнинск, 1990. 26 с.
6. Зубкова С.М. О механизме биологического действия излучения гелий-неонового лазера // Биологические науки. 1978. № 7. С. 30-37.
7. Зубкова С.М. Адаптивные изменения в организме при действии электромагнитных излучений // Биофизика. 1996. Т. 41, Вып. 4. С. 906-912.
8. Burgie E.S., Vierstra R.D. Phytochromes: an atomic perspective on photoactivation and signaling // The Plant Cell. 2014. Т. 26, № 12. С. 4568-4583.

9. Meng Chen<sup>a,1</sup> and Joanne Chory Phytochrome signaling mechanisms and the control of plant development // Trends Cell Biol. 2011. Nov. 21 (11). Pp. 664–671.
10. Зардиашвили Г.Г., Глонти Г.Г., Дедуль Ф.А. Влияние лучей лазера и магнитного поля на рост, развитие и урожай фасоли // Применение низкоэнергетических физических факторов в биологии и сельском хозяйстве. Киров, 1989. С. 113-114.
11. Стаиков Г. Проучване на влиянието на лазерната система върху растежните и продуктивните възможности на зърнено-бобовите култури // Използване на ионизиращите лъчения, изотопите и лазерната енергия в растениевъдството. София: НТС, 1983. С. 36-41.
12. Karfalov P., Tscholakov D., Aleksiev N. Ausdewahlte ergebnisse von versuchsmit tomatsaafgut, das mit laserstrahlen behandelt wurde // Akad. Landwirtschaftswiss. DDR. 1988. № 262. P. 251-255.
13. Бельский А.И. Влияние светолазерной обработки семян с.-х. культур на устойчивость растений к болезням // Борьба с сорняками, вредителями и болезнями в интенсивном земледелии. Горки, 1987. С. 67-73.
14. Стоименова И., Илиева В. Проучване на ефективността на някои хербициди и предсеитбеного облъчване на смената с лазер при ртгледането на царевица // Растениевъд. науки. 1987. Т. 24, № 3. С. 9-15.
15. Томов Н., Ангелов К. Влияние на предпосевното облъчване с хелий-неонов лазер на семената върху развитието и добива при царевицата // Растениевъдни науки. 1983. № 4. С. 31-37.
16. Реакция растительных организмов на воздействие квазимонохроматического света с различными длительностью, интенсивностью и длиной волны / А.В. Будаговский и др. // Квантовая электроника. 2015. Т. 45, №. 4. С. 345-350.
17. Influence of far-red light coherence on the functional state of plants / A.V. Budagovsky et al. // Physical Review E. 2021. Vol. 103, №. 1. P. 012411.

УДК 632.4:579.64

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ И  
ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ОТ АЛЬТЕРНАРИОЗА ТОМАТА**  
*The effectiveness of the integrated application of environmentally friendly biological  
and physical methods of protection against tomato alternariosis*

**Маслова М.В.**, кандидат с.-х. наук, *marinamaslova2009@mail.ru*,

**Грошева Е.В.**, *ekaterina2687@mail.ru*

**Будаговский А.В.**, доктор технических наук, *budagovsky@mail.ru*

**Будаговская О.Н.**, доктор технических наук, *budagovsky@mail.ru*

*Maslova M.V., Grosheva E.V., Budagovsky A.V., Budagovskaya O.N.*

ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия  
*Michurinsk State Agrarian University*

**Аннотация.** Большинство представителей рода *Alternaria* вызывают бо-

лезни сельскохозяйственных растений. Борьба с альтернариозом обычно сводится к обработкам химическими фунгицидами. Экологически безопасными методами защиты растений от болезней являются биологический, который предполагает использование микробов-антагонистов и их метаболитов, а также физический, в частности применение когерентного света. В основе стимуляционного эффекта лазерного излучения лежит его фоторегуляторное действие. Целью работы являлось изучение эффективности биологического и физического методов борьбы с альтернариозом томата при их комплексном использовании в соответствии с принципами органического земледелия. Установлено ослабление роста колоний патогенного гриба *A. alternata* в совместной культуре с *P. polymyxa*, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* на 91,6 %; 41,3 и 96,8 % соответственно. Лазерное облучение суспензий исследуемых бактерий способствовало увеличению в них числа клеток на 27,8 %, 21,8 % и 41,7% соответственно. Это позволяет повысить их эффективность в борьбе с болезнями растений, а также снизить концентрацию рабочих растворов при сохранении их активности на уровне суспензий с содержанием микроорганизмов рекомендуемым производителем. Совместное использование биологических и физических способов борьбы с *A. alternata* дало положительные результаты. Против данного патогена эффективно применение облученных лазером биопрепаратов на основе *P. polymyxa*, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis*. Также обработка когерентным светом растений повышает их функциональную активность, что дает возможность успешно противостоять развитию тяжелых симптомов альтернариоза. Комбинация различных методов защиты от фитопатогенов с доминированием экологически безопасных позволит за счет снижения числа обработок химическими фунгицидами получать органическую продукцию.

**Abstract.** *Representatives of the genus Alternaria cause diseases of agricultural plants. The fight against alternariosis usually comes down to treatments with chemical fungicides. Environmentally friendly methods of protecting plants from diseases are biological, which involves the use of antagonist microbes and their metabolites, as well as physical, in particular the use of coherent light. The stimulating effect of laser radiation is based on its photoregulatory effect. The aim of the work was to study the effectiveness of biological and physical methods of protection against alternariosis of tomatoes in their complex application in accordance with the principles of organic farming. The introduction of a suspension of the bacterium B. subtilis from Alirin-B treated with coherent light under the roots of tomato plants in pots increased its antifungal activity. As a result, there was a decrease in the number of seedlings that died from alteonariosis, and an increase in the number of asymptomatic plants compared to the control variant (without irradiation). Tomato leaves infected with A. alternata treated with coherent light showed an increase in specific photosynthetic activity by 7.8% and a decrease in the incidence of alternariosis by 21.9%. The combined use of biological and physical methods to combat A. alternata has yielded positive results. The use of laser-irradiated biological preparations based on P. polymyxa, B. amyloliquefaciens and B. subtilis is effective against this pathogen. Also, treatment of plants with coherent light increases their functional activity, which makes it possible to successfully resist the de-*

*velopment of severe symptoms of alternariosis. The combination of various methods of protection against phytopathogens with a predominance of environmentally friendly ones will make it possible to obtain organic products by reducing the number of treatments with chemical fungicides.*

**Ключевые слова:** альтернариоз томата, экологически безопасная защита растений, биологические препараты, лазерное излучение.

**Keywords:** *tomato alternariosis, environmentally friendly plants protection, biological preparations, laser radiation.*

**Введение.** Значение грибов рода *Alternaria* в сельском хозяйстве очень велико. Многие виды являются сапротрофами. Развиваясь на разнообразных органических субстратах, они принимают участие в разложении и минерализации растительных остатков. Большинство представителей рода *Alternaria* (*A.alternata*, *A. brassicae*, *A. brassicicola*, *A. solani*, *A. porri* и др.) вызывают болезни растений, поражая листья, семена, плоды. Для ряда сельскохозяйственных культур они являются одними из самых вредоносных. Грибы рода *Alternaria*, вызывающие болезни растений, по типу питания являются некротрофными патогенами. Они способны продуцировать специфичные и неспецифичные фитотоксины [1].

Токсины вызывают дисфункцию мембран, которая приводит к утечке электролитов, потери мембранного потенциала митохондрий, утечке кофермента НАД<sup>+</sup>, ингибированию фосфорилирования, нарушения фотосинтетических процессов, выполняют роль иммунодепрессоров [1, 2].

Специфичные токсины *Alternaria alternata* разнообразны по структуре. Так, АМ-токсин патотипа *A. alternata*, вызывающего пятнистость листьев яблони, представляет собой циклический нерибосомальный тетрапептид. Токсины патотипов *A. alternata*, поражающих грушу, землянику и мандарин (АК-, АF- и АСТ-токсины соответственно), имеют в своей структуре один и тот же фрагмент – эпокси-декатриеновую кислоту. АСRL-токсин патотипа *A. alternata*, поражающего лимон, является поликетидом и содержит в своей структуре многоатомный спирт и дигидропириновое кольцо. ААL-токсины патогена томата *A. alternata f. sp. lycopersici* представляют собой эфиры аминокпентола [1].

Изучение влияния ААС-токсина на реакцию переноса электронов в хлоропластах у *Eupatorium adenophorum* показало, что активность фотосистемы II (PSII) была полностью ингибирована токсином [3].

Снижение фотосинтетической активности листового аппарата, индуцируемое возбудителем альтернариозной пятнистости, выявлено на сахарной свекле [4].

У растений риса и томата, подвергшихся воздействию некротрофных грибов, наблюдалось значительное снижение нефотохимического тушения как в зоне некроза, так и в прилегающих областях листовой пластинки [5].

Из-за инфицирования *A. alternata* у двух сортов табака с разным уровнем устойчивости снижалось содержание хлорофилла, скорость фотосинтеза, устьичная проводимость. При этом изменение межклеточной концентрации CO<sub>2</sub> имело тенденцию к росту. Кроме того, гриб *A. alternata* негативно влиял на

скорость переноса электронов PSII и параметры флуоресценции хлорофилла а, включая максимальный квантовый выход флуоресценции, потенциальную эффективность PSII, фактический квантовый выход PSII, фотохимическое тушение и нефотохимическое тушение, а в конечном счете и снижение фотохимической активности PSII [6].

Борьба с данным заболеванием обычно сводится к обработкам химическими фунгицидами [7, 8].

Однако они имеют ряд существенных недостатков. Наряду с высокой токсичностью для растений и человека пестициды способствуют появлению новых устойчивых штаммов микроорганизмов. В связи с этим в систему защиты сельскохозяйственных растений от патогенных микромицетов необходимо включать также экологически безопасные средства. Перспективным в данном отношении являются биологический метод борьбы, который предполагает использование микробов-антагонистов и их метаболитов, а также физический, в частности применение когерентного света.

Биологические препараты способствуют стимуляции роста, активизации иммунных реакций, улучшению минерального питания растений, повышению всхожести семян. Свою эффективность в борьбе с болезнями различных культур показали бактерии *Paenibacillus polymyxa* и *Bacillus amyloliquefaciens*. Они входят в состав различных биопрепаратов применяемых для биологической защиты растений в нашей стране и за рубежом [9, 10].

Широкое использование биопрепаратов для борьбы с болезнями растений сдерживается их не всегда достаточной эффективностью, поэтому необходимо проводить поиск средств и методов повышения активности бактерий-антагонистов патогенов. Для этого может быть успешно использовано лазерное облучение микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов. Когерентный свет способствует увеличению числа клеток бактерий в рабочих растворах и их антифунгальной активности [11].

В литературе на различных моделях отмечено положительное влияние излучения видимой области спектра на устойчивость растений к патогенам, в том числе альтернариозу.

Непрерывное облучение листьев яблони светом сразу после воздействия токсина *A. alternata* ингибировало процесс формирования некрозов. Спектр действия фотозащиты оценивался в области 570 – 680 нм. Авторы предполагают, что защитный эффект света в клетках-хозяевах может быть тесно связан с состоянием хлоропластов, на которые ориентировано действие АМ-токсина [2].

Раса *Cochliobolus heterostrophus* Т продуцирует Т-токсин, определяющий её высокую вирулентность для кукурузы. Протопласты из зеленой ткани кукурузы стали нечувствительными к Т-токсину после 6-часового воздействия света [12].

Также сообщалось, что обработанные токсином *Helminthosporium maydis* протопласты кукурузы выживали дольше на свету, чем в темноте. Токсин ингибировал как темновую, так и фотосинтетическую фиксацию CO<sub>2</sub> на срезах листьев кукурузы. Защитный эффект света был объяснен предположением, что фотофосфорилирование, вызванное светом, компенсирует инактивацию окислительного фосфорилирования, вызванную токсином [2, 13].

В отсутствии достаточной освещенности в условиях затенения конкурентами у растений снижается экспрессия защиты. При их высокой плотности заметно увеличивает тяжесть течения болезней в естественных экосистемах. Основным механизмом является одновременное подавление сигналов жасмоновой и салициловой кислот низким соотношением красного - дальнего красного [14].

Наибольшей биологическим эффектом для стимуляции физиологической активности растений обладает высококогерентный свет. В основе стимуляционного эффекта лежит фоторегуляторное действие лазерного излучения [15].

Целью работы являлось изучение эффективности биологического и физического методов борьбы с альтернариозом томата при их комплексном использовании в соответствии с принципами органического земледелия.

Для этого проводили оценку фунгицидной активности бактерий-антагонистов в отношении *A. alternata*, а также влияния лазерного излучения на активность размножения биоагентов в рабочих растворах и функциональное состояние растения-хозяина при непосредственном применении лазера для обработки листьев и после использования облученных когерентным светом микробных препаратов.

**Объекты и методы исследования.** Работу проводили на базе научно-исследовательской проблемной лаборатории «Биофотоника» ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ».

В исследования включены бактериальные штаммы *Paenibacillus polymyxa* П и *Bacillus amyloliquefaciens* 01-1 из Крымской коллекции микроорганизмов, а также *Bacillus subtilis* из препарата Альрин-Б. В качестве тест-культуры использовали *A. alternata*, возбудитель альтернариоза томата (изолирован с поверхности пораженного листа томата).

Оценку антагонистической активности *P. polymyxa* и *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* осуществляли с применением метода двойных культур. Бактерии высевали в чашки Петри на поверхность твердой питательной бобововой среды на расстоянии 2 см от центра микробиологической петлей прямым штрихом длиной 3 см. Агаровый диск *A. alternata* диаметром 3,0 мм помещали в центр. В контрольном варианте гриб культивировался без бактерий. Микроорганизмы инкубировали при температуре 25°C. Активность бактерий-антагонистов определяли по снижению объема биомассы гриба-тестера по сравнению с контрольными показателями.

Для обработки когерентным светом готовили суспензию исследуемых бактерий в жидкой картофельно-глюкозной среде. Проводили облучение полупроводниковым лазером с длиной волны 660 нм в течение 60, 120, 240 и 480 с. Суспензии бактерий инкубировали при 35°C. Эффективность облучения оценивали спустя сутки по изменению числа клеток в опытных вариантах по сравнению с контролем (без применения лазера). Количество клеток определяли путем микроскопирования при увеличении  $\times 640$  с использованием камеры Горяевы.

Эффективность облученного биопрепарата Алирин-Б изучали на искусственном инфекционном фоне в условиях теплицы при выращивании растений томата сорта Орлик в качестве горшечной культуры. Заражению *A. alternata* подвергали грунт. Рабочие растворы биопрепарата вносили под корень расте-

ния при проявлении признаков заражения альтернариозом в фазе 3–4 настоящих листьев и продолжали до сбора урожая с интервалом 7 дней. Оценивали степень поражения болезнью и количество погибших растений.

Для изучения влияния лазерного облучения на устойчивость листьев томата к поражению *A. alternata* проводили их искусственное заражение суспензией. Инокулюм готовили путем смывания стерильной дистиллированной водой спор и участков мицелия с поверхности колоний гриба, выросших на твердой картофельно-глюкозной среде. Часть образцов, обработанных суспензией клеток *A. alternata*, облучали на вращающейся платформе полупроводниковым лазером с длиной волны 660 нм, плотностью мощности 2,5 Вт/м<sup>2</sup> в течение 240 с секунд. Контролем служили листья, не подвергавшиеся воздействию когерентного света. Облученные и необлученные образцы инкубировали во влажных камерах (чашки Петри с увлажненной фильтровальной бумагой) при температуре 22 – 24°С.

Оценку воздействия лазерного облучения на ткани листа определяли по их фотосинтетической активности на хлорофиллфлуориметре LPT (Россия) на 16 сутки после закладки опыта. С использованием метода индуцированной флуоресценции хлорофилла проводили измерение фотосинтетической активности исследуемых объектов по величине показателя Kft (удельная фотосинтетическая активность), значение которого характеризует количество световой энергии, используемое на процесс фотосинтеза. Анализ проводился на участке листовой пластинки без признаков некротизации.

Так же проводили бальную оценку поражения листьев томата альтернариозом по степени формирования некротических участков: 0 баллов – отсутствие поражения; 1 балл – хлорозные или некротические пятна единичны; 2 балла – менее 10% поверхности листа занято некрозом или до 25% - хлорозом; 3 балла – от 11 до 25% некроз или от 26 до 50% хлороз; 4 балла – от 26 до 50% - некроз, более 50% хлороз; 5 баллов – более 50% некроз.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью стандартных компьютерных программ Microsoft Office Excel 2007.

**Результаты исследования.** Выращивание *A. alternata* в монокультуре и совместно с *P. polymyxa* и *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* показало различную антифунгальную активность у исследуемых бактерий. Активный рост гриба на БА отмечен в вариантах без антагонистов. Колонии *A. alternata* при этом полностью занимали всю чашку Петри, их объем составил 1250 мм<sup>3</sup>.

В совместной культуре с *P. polymyxa* объем колоний гриба составил в среднем 105,3 мм<sup>3</sup>. *B. amyloliquefaciens* также контролировала рост патогена в совместной культуре. Мицелий *A. alternata* при этом занимал 733,3 мм<sup>3</sup>. Под воздействием метаболитов *B. subtilis* формировались наиболее мелкие колонии тестера (40,0 мм<sup>3</sup>). Таким образом, возбудитель альтернариоза томата был значительно ослаблен в совместной культуре со всеми исследуемыми антагонистами, степень подавления роста *A. alternata* в варианте опыта с *P. polymyxa* составила 91,6 %, с *B. amyloliquefaciens* – 41,3 %, с *B. subtilis* – 96,8 % (рис. 1).

С целью стимуляции роста бактерий проводили облучение их суспензий полупроводниковым лазером с длиной волны 660 нм. После суточного культиви-

вирования *P. polymyxa*, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* в жидкой питательной картофельно-глюкозной среде увеличение числа клеток после лазерного облучения в среднем по всем длительностям экспозиции составило 27,8 %, 21,8 % и 41,7% соответственно. Наибольшую стимуляцию активности бактерий *P. polymyxa* (26,6 %) наблюдали при облучении в течение 240 с. Для *B. amyloliquefaciens* и *B. subtilis* более эффективной оказалась длительность экспозиции 120с, при этом число клеток в суспензии увеличилось на 36,7 и 58,8 % соответственно. Полученные результаты свидетельствуют о том, что кратковременная лазерная обработка суспензий бактерий - антагонистов способствует стимуляции их функциональной активности, которое выражается в увеличении числа клеток.

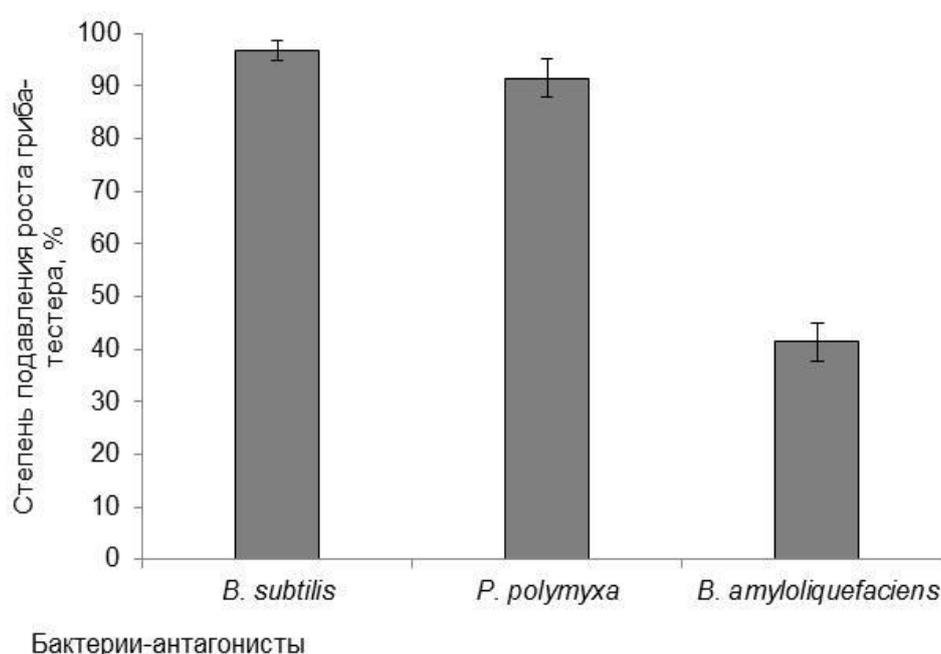


Рис. 1 – Антагонистическая активность бактерий в отношении *A. alternata*

Наибольшая фунгицидная активность в отношении возбудителя альтернариоза томата и высокий уровень лазерной стимуляции был отмечен у бактерии *B. subtilis* из биопрепарата Алирин-Б. Он был использован в вегетационном опыте по изучению влияния обработки когерентным светом рабочего раствора на его эффективность в защите от альтернариоза.

В ходе проведения исследований установлены различия по фунгицидной активности *B. subtilis* в вариантах с использованием лазерного облучения и без него. Поражение *A. alternata* привело к гибели значительной части проростков. Обработка препаратом Алирин-Б без лазерного облучения позволила сохранить 38,3% растений, в варианте с использованием обработанного когерентным светом биопрепарата данный показатель составил 63,8%.

Часть сохранившихся экземпляров вовсе не имела симптомов поражения. В вариантах с использованием необлученного Алирина-Б бессимптомных растений было 36,2%, применение облученного препарата позволило повысить выход образцов без признаков альтернариоза до 48,9%.

Таким образом, было установлено, что при высоком уровне инфекционного фона Алирин-Б показал эффективность в борьбе с альтернариозом томата после применения когерентного света. Лазерная стимуляция антифунгальной активности бактерии *B.subtilis* снизила число погибших растений на 25,5%, а также увеличила количество бессимптомных экземпляров на 12,7%.

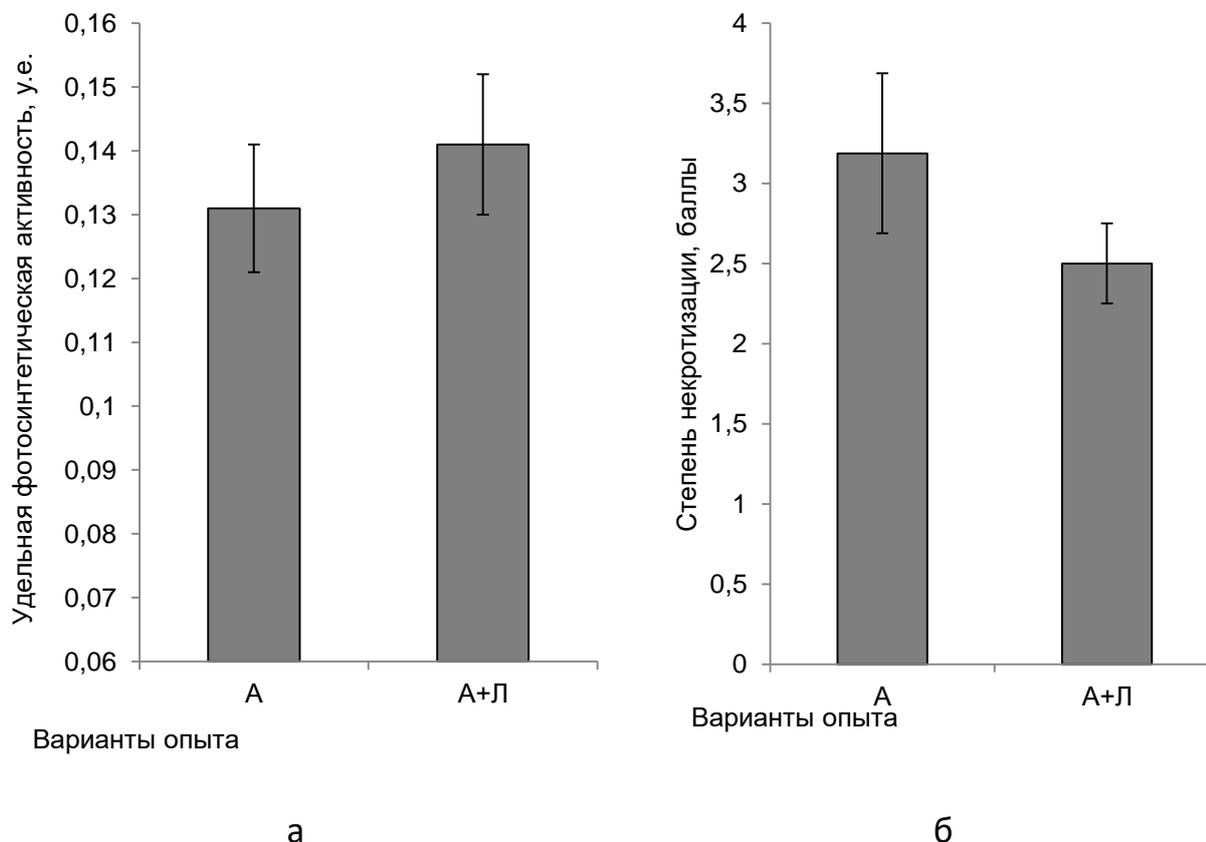


Рис. 2 - Влияние лазерного облучения листьев томата, зараженных *A. alternata* на их фотосинтетическую активность (а) и степень некротизации (б).

Эффект лазерной стимуляции был отмечен так же при облучении листьев томата, зараженных *A. alternata*. У обработанных когерентным светом образцов отмечалось повышение фотосинтетической активности и более низкая степень некротизации тканей. Показатель Kft живых тканей зараженных листьев был равен 0,13 у.е. Облучение способствовало его увеличению до 0,14 у.е. При этом поражение листьев патогеном в среднем было оценено на 3,2 балла в варианте без применения лазера и на 2,5 балла с использованием когерентного света, что было ниже контрольного значения на 21,9% (рис. 2).

**Заключение.** Проведенные исследования позволили установить значительное ослабление роста колоний патогенного гриба *A. alternata* в совместной культуре с *P. polymyxa*, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis*. Данный факт дает основания полагать, что биопрепараты, содержащие исследуемые бактериоантагонисты способны снижать активность возбудителя альтернариоза и могут быть успешно применены для профилактики и борьбы с данным заболеванием. Лазерное облучение бактериальных суспензий способствует увеличению в них

числа клеток *P. polymyxa*, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis*. Это позволяет повысить их эффективность в борьбе с болезнями растений, а также снизить концентрацию рабочих растворов при сохранении их активности на уровне суспензий с содержанием микроорганизмов рекомендуемым производителем. Наибольшая фунгицидная активность в отношении возбудителя альтернариоза томата и высокий уровень лазерной стимуляции был отмечен у бактерии *B. subtilis* из Алирин-Б. Обработка когерентным светом данного препарата повысила его антифунгальную активность, что снизило число погибших от альтернариоза проростков и увеличило количество бессимптомных растений. У обработанных когерентным светом листьев томата, зараженных *A. alternata*, отмечалось повышение фотосинтетической активности и снижение степени поражения альтернариозом. Таким образом, проведенные исследования показывают эффективность комплексного подхода при подборе действенных экологически безопасных методов защиты растений от болезней. При совместном использовании биологических и физических способов борьбы с альтернариозом получены положительные результаты. Против данного заболевания эффективно применение облученных лазером биопрепаратов на основе *P. polymyxa*, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, а также когерентного света непосредственно для обработки растений. Комбинация различных методов защиты от фитопатогенов с доминированием экологически безопасных позволит снизить число обработок химическими фунгицидами и даст возможность получать органическую продукцию.

#### Библиографический список

1. Далинова А.А., Салимова Д.Р., Берестецкий А.О. Грибы рода *Alternaria* как продуценты биологически активных соединений и биогербицидов // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т. 56, № 3. С. 223-241.
2. Light-Induced Insensitivity of Apple and Japanese Pear Leaves to AM-toxin from *Alternaria alternata* apple pathotype / H. Tabira, H. Otani, N. Shimomura et al. // Ann. Phytopath. Soc. Japan. 1989. V. 55. P. 567-578.
3. Recent advances in *Alternaria* phytotoxins: A review of their occurrence, structure, bioactivity, and biosynthesis / H. Wang, Y. Guo, Z. Luo et al. // Journal of Fungi. 2022. V. 8, № 2. P. 168.
4. Effect of *Bacillus subtilis* based microorganisms on physiological and biochemical parameters of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants infected with *Alternaria alternata* / O. Lastochkina, L. Pusenkova, R. Yuldashev et al. // Sel'Skokhozyaistvennaya Biologiya. 2018. V. 53. P. 958-968.
5. Complexity of *Brassica oleracea* – *Alternaria brassicicola* susceptible interaction reveals downregulation of photosynthesis at ultrastructural, transcriptional, and physiological levels / V.K. Macioszek, M. Gapińska, A. Zmienko et al. // Cells. 2020. V. 9, № 10. P. 2329.
6. Photosynthetic, photochemical and osmotic regulation changes in tobacco resistant and susceptible to *Alternaria alternata* / Z.X. Yang, Y.F. Yang, S.Z. Yu et al. // Tropical Plant Pathology. 2018. V. 43. P. 413-421.

7. Халмуминова Г.К., Камилов Ш.Г. Альтернариозы овощных культур и меры борьбы с ними // Наука, производство, бизнес. Алматы, 2019. Т. 2. С. 183.
8. Ванюшкина И.А., Кушнарцева Н.П. Защита томата от болезней при выращивании в открытом грунте в условиях Приморского края // Овощи России. 2020. №. 2. С. 91-94.
9. Штамм *Bacillus amyloliquefaciens*, обладающий антибактериальной и фунгистатической активностью, и микробиологический препарат на его основе против болезни растения, вызываемой фитопатогенным микроорганизмом: пат. 2673155 Рос. Федерация / Игнатов А.Н., Воронина М.В.; заявитель и патентообладатель ООО "Исследовательский Центр "ФитоИнженерия". - № 2017138604; заявл. 08.11.2017; опубл. 22.11.2018, Бюл. № 33.
10. и др. Влияние экзополисахаридов бактерий *Paenibacillus polymyxa* 1465 на рост и защитные реакции пшеницы / И.В. Егоренкова, К.В. Трегубова, С.А. Коннова // Изв. Саратов. ун-та Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2016. № 4. – Режим пользования: URL: [https:// cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ekzopolisaharidov-bakteriy-paenibacillus-polymyxa-1465-na-rost-i-zaschitnye-reaktsii-pshenitsy](https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ekzopolisaharidov-bakteriy-paenibacillus-polymyxa-1465-na-rost-i-zaschitnye-reaktsii-pshenitsy) (дата обращения: 04.03.2021).
11. The Effect of Laser Irradiation on The Activity of The Bacteria *Bacillus Subtilis* and *Pseudomonas Fluorescens* / M.V. Maslova, E.V. Grosheva, A.V. Budagovsky, O.N. Budagovskaya // Amazonia investiga. 2019. V. 8, № 21. P. 610-616.
12. MacRae W.D., Yoder O.C. Light has opposite effects on sensitivity of maize protoplasts to T-toxin from *Cochliobolus heterostrophus* // Physiological and molecular plant pathology. 1988. V. 32, № 2. P. 293-300.
13. Cytoplasm-specific effects of *Helminthosporium maydis* race T-toxin on survival of corn mesophyll protoplasts / E.D. Earle, V.E. Gracen, O.C. Yoder, K.P. Gemmill // Plant Physiology. 1978. V. 61, № 3. P. 420-424.
14. Ballaré C.L. Light regulation of plant defense // Annual review of plant biology. 2014. V. 65. P. 335-363.
15. Cell response to quasi-monochromatic light with different coherence / A.V. Budagovsky, N.V. Solovykh, O.N. Budagovskaya, I.A. Budagovsky // Quantum Electronics. 2015. Vol. 45, № 4. P. 351-357.
16. Овощеводство / Сычев С.М., Миненко А.И., Мельникова О.В., Волков А.В. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 110305 «Технология производства и переработка сельскохозяйственной продукции» / Брянск, 2009.
17. Развитие подотраслей садоводства, овощеводства и картофелеводства в АПК Брянской области / Сычев С.М., Бельченко С.А., Малявко Г.П., Дронов А.В., Ковалев В.В. // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 1 (95). С. 10-20.
18. Сычев С.М., Сычева И.В., Рыченкова В.М. Агротехнологические особенности выращивания овощных культур в центральном регионе РФ. Учебно-методическое пособие для проведения лабораторно-практических занятий со студентами направления подготовки 35.03.03 Агрохимия и почвоведение / Брянск, 2021.
19. Методические указания по использованию экологических методов в селекции овощных культур на устойчивость к накоплению тяжелых металлов в то-

варной части урожая (салат, шпинат, томат, редька, дайкон) / Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г., Бунин М.С., Солдатенко А.В., Кривенков Л.В., Сычев С.М., Ушакова О.В., Ушаков В.А., Мусаев Ф.Б.О., Науменко Т.С., Ляпунов С.М., Горбунов А.В., Ивлиев А.И., Гинс В.К., Гинс М.С., Сапрыкин А.Е. Москва, 2005.

УДК 635.21:631.532.2

## ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ В ОРИГИНАЛЬНОМ СЕМЕНОВОДСТВЕ КАРТОФЕЛЯ

*The Use Of Micronutrients In The Original Potato Seed Production*

**Сидоренко Т.Н.**, к. с.-х. наук, зав. отделом, *sidorenkotamara@mail.ru*

**Тихонова Л.Г.**, ст. научный сотрудник,

*Sidorenko T. N., Tikhonova L.G.*

РУП «Гомельская ОСХОС» НАН Беларуси

*RUE "Gomel regional agricultural experimental station" of the National  
academy of sciences of Belarus*

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по эффективности микроудобрений «НаноКремний», «Кристалон» (универсальный, желтый, коричневый), «FERTIKA люкс», «Batr max», обеспечивающих увеличение выхода микро-клубней в закрытом грунте. Установлено, что при выращивании семенного материала первого клубневого поколения в условиях закрытого грунта для активизации клубнеобразования с целью повышения выхода микро-клубней рекомендуется использовать микроудобрения: «Batr max» в дозах: первая обработка 5 мл/л, вторая – 1,2 л/га, третья 1,2 л/га; «FERTIKA люкс» - первая, вторая и третья обработки в дозе 0,4 г/л; «Кристалон» коричневый и желтый, в дозах: первая обработка 0,4 г/л, вторая – 0,2 кг/га, третья 0,2 кг/га.

**Abstract.** *The article presents the results of research on the effectiveness of micro-fertilizers "NanoSilicon", "Crystalon" (universal, yellow, brown), "FERTIKA lux", "Batr max", providing an increase in the yield of micro-tubers in the closed ground. It was found that when growing seed material of the first tuberous generation in closed ground conditions, to activate tuberization in order to increase the yield of micro-tubers, it is recommended to use micro-fertilizers: "Batr max" in doses: the first treatment is 5 ml / l, the second is 1.2 l/ha, the third is 1.2 l/ha; "FERTIKA lux" - the first, second and third treatments at a dose of 0.4 g / l; "Crystalon" brown and yellow, in doses: the first treatment of 0.4 g / l, the second - 0.2 kg / ha, the third 0.2 kg / ha.*

**Ключевые слова:** картофель, сорт, культура in vitro, пробирочные растения, макро- и микроудобрения, Республика Беларусь.

**Keywords:** *potato, variety, in vitro culture, test tube plants, macro- and micro fertilizers, Republic of Belarus.*

**Введение.** Главная задача оригинального семеноводства картофеля – это быстрое размножение здорового исходного материала в объемах, необходимых для ведения элитного семеноводства. Существующие технологии производства исходного материала направлены на увеличение коэффициента размножения и защиту посадочного материала от повторного заражения. В плане совершенствования технологий размножения исходного материала перспективно использование новых форм микроудобрений и регуляторов роста растений с определенной направленностью действия, способствующей получению высококачественного семенного материала [1].

Известно, что клеточная мембрана не способна пропускать внутрь клетки питательные вещества в виде крупных с точки зрения микромира молекулярных комплексов. Поэтому в процессе изготовления используются нанотехнологии по измельчению крупных молекулярных образований питательных и биологически активных веществ. Полученные вещества с характерными размерами молекул становятся гораздо более активными. Эффект здесь достигается благодаря более активному проникновению микроэлементов в растение за счет наноразмера частиц и их нейтрального (в электрохимическом смысле) статуса. Размер частиц этих веществ в десятки и даже сотни раз меньше, чем микроны. Их применение дает возможность при минимальных дозах препаратов достигать гораздо больших эффектов [3]. При некорневых подкормках наноудобрениями происходит воздействие непосредственно на листовую пластину, что ведет к увеличению количества и площади листьев, стимулируется обильное цветение, активизируется синтез и отток питательных и биологически активных веществ из листа в плоды и корневую зону. В ризосфере растений (область развития корневой системы) повышается биологическая активность и ускоряются процессы разложения, смягчается воздействие химического стресса в системе «почва – растение» [2].

В результате применения наноудобрений растения получают оптимальное питание, что активизирует ферментативную активность на клеточном уровне, нормализует и интенсифицирует обменные процессы. Это приводит к укреплению иммунной системы, общему оздоровлению растений и увеличению урожайности (в среднем 1,5 – 2 раза) [2, 3].

Ценность хелатов как удобрения, прежде всего в том, что питательные вещества доставляются растениям в необходимой им химически достаточно активной (по агрохимической терминологии – подвижной) форме. Если такие вещества вносить в виде обычных веществ, но большая часть элементов питания растений будет «перехвачена» и нейтрализована другими компонентами природных сообществ, прежде чем попадет по назначению. Классический пример – железо, участвующее в биосинтезе растений. В природе его хоть отбавляй, но – в виде иона Fe(III), который растения не усваивают. А необходимый им Fe(II) очень быстро вступает в реакцию с чем попало, превращаясь в Fe(III) [4, 2].

В современных условиях выращивание элитного картофеля требует дополнительных объемов исходных клубней. В сложившейся ситуации в сельскохозяйственном производстве решить проблему увеличения количества клубней возможно за счет повышения продуктивности пробирочных растений в теплич-

ных условиях, а также за счет совершенствования приёмов возделывания мини-клубней.

Проблемными вопросами такой технологии является приживаемость и развитие микрочеренков мериклонов картофеля, увеличение массы и количества мини клубней при репродуцировании семенного материала [5].

В настоящее время активно ведется поиск и испытание новых препаратов, действие которых приводит к стимуляции важнейших физико-биологических процессов, устраняют последствия стрессовых ситуаций токсического действия на окружающую среду. Повышение эффективности технологии получения мини и макро-клубней картофеля с сохранением эффекта оздоровления является чрезвычайно актуальной задачей.

Цель исследований – оценить эффективность применяемых микроудобрений, обеспечивающих увеличение выхода микро-клубней в закрытом грунте.

#### **Объекты и методы исследования.**

Исследования выполнялись в 2019-2020 гг. РУП «Гомельская ОСХОС» НАН Беларуси», в защищенном грунте – пленочные теплицы для выращивания питомника первого клубневого поколения, с автоматически регулируемым микроклиматом и поливом. Почва - низинный торф с содержанием рН (KCl) – 5,6; подвижные формы  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (по Кирсанову) – 189 и 182; Ca – 2250; Mg – 2621; B – 1,64; Cu – 2,02; Zn – 7,26; Cd – 0,03; Pb – 5,0 мг/кг почвы;  $Cs^{137}$  (цезий 137) – 22,69+/-6,81 Бк/кг; N общий – 0,53 %.

Объектом исследований служили пробирочные растения нового сорта картофеля белорусской селекции Рубин – среднепоздний, был высажен – 18 мая. Во время посадки проводилось протравливание пробирочных растений против болезней и вредителей препаратом эместо квантум (35 мл/10 л воды). Перед посадкой проводилась первая обработка корневой системы пробирочных растений микроудобрениями по схеме опыта, внекорневые подкормки при высоте растений 10-15 см (вторая), и в фазу бутонизации - начала цветения (третья).

Схема полевого опыта:

1. Контроль – обработка водой;
2. Первая обработка «НаноКремний» в дозе 0,15 мл/л, вторая в дозе – 35 мл/га, третья в дозе 35 мл/га;
3. Первая обработка «Кристалон» - универсальный в дозе 0,4 г/л, вторая в дозе – 0,2 кг/га, третья в дозе 0,2 кг/га;
4. Первая обработка «Кристалон» - желтый в дозе 0,4 г/л, вторая в дозе – 0,2 кг/га, третья в дозе 0,2 кг/га;
5. Первая обработка «Кристалон» - коричневый в дозе 0,4 г/л, вторая в дозе – 0,2 кг/га, третья в дозе 0,2 кг/га;
6. Первая обработка «FERTIKA люкс» в дозе 0,4 г/л, вторая в дозе – 0,4 кг/га, третья в дозе 0,4 кг/га;
7. Первая обработка «Ватр мах» в дозе 5 мл/л, вторая в дозе – 1,2 л/га, третья в дозе 1,2л/га.

#### **Содержание питательных веществ в применяемых микроудобрениях:**

- «НаноКремний» (Si - 50 %. Fe – 6 %. Cu – 1 %. Zn – 0,5 %);

- «Кристалон» универсальный (NPK - 18:18:18 %, MgO – 3,0 %, S – 5,0 %, B – 0,025 %, Cu – 0,01 %, Fe – 0,07 %, Mn – 0,04 %, Zn – 0,025 %, Mo – 0,004 %, EC – 0,9 г/л, pH – 4,5);

- «Кристалон» желтый (NPK - 13:40:13 %, S – 1,0 %, B – 0,025 %, Cu – 0,01 %, Fe – 0,07 %, Mn – 0,04 %, Zn – 0,025 %, Mo – 0,004 %, EC – 1,0 г/л, pH – 4,3);

- «Кристалон» коричневый (NPK – 3:11:38 %, MgO – 4,0 %, S – 27,5 %, B – 0,025 %, Cu – 0,01 %, Fe – 0,07 %, Mn – 0,04 %, Zn – 0,025 %, Mo – 0,004 %, EC – 1,3 г/л, pH – 3,1);

- «FERTIKA люкс» (NPK – 16,0:20,6:27,1%, Fe – 0,1 %, B – 0,02 %, Cu – 0,01 %, MgO – 0,1 %, Mo – 0,002 %, Zn – 0,01 %), «Batr max.» (N – 6%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 7%, K<sub>2</sub>O – 10%, SO<sub>3</sub> -2 %, B – 0,18 %, MgO – 0,05 %, Fe – 0,03 %, Mo – 0,025 %, Co – 0,01 %)

Проведение агротехнических мероприятий в период вегетации: внесение удобрений – N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>, фрезерование, высадка пробирочных растений, полив, прополка, окучивание. Было проведено десять профилактических комплексных обработок против фитофтороза, альтернариоза, тли, колорадского жука и паутинного клеща. В опыте использовали препараты: ридомил голд – 2,0 кг/га, инфинито – 1,8 л/га, реvus топ – 0,6 л/га, кариал флекс – 0,5 кл/га, реvus топ – 0,6 л/га, антракол – 1,75 л/га, полирам – 2,0 кг/га, ширма - 0,4 л/га. Против тлей – БИ – 58, против колорадского жука – агент (0,04 кг/га), биская (0,3 л/га), против паутинных клещей масай 0,5 кг/га. Уборка урожая по опыту проводили 26 октября. Во время уборки проводился учёт урожая клубней и его структура.

Опыт проводили согласно методических рекомендаций и методик при выращивании картофеля «Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля» (С. А. Банадысев, И. И. Колядко и др., 2003), «Методика полевого опыта» (Б. А. Доспехов, 1985) [6, 7].

**Результаты исследования.** В процессе изучения отмечено, что на процент приживаемости пробирочных растений сорта Рубин влияет обработка корневой системы питательными растворами. Учеты проводили на десятый день после посадки, приживаемость в среднем, составила 91,9 – 97,0 %. Наиболее высокая приживаемость, после обработки корней микроудобрениями «Кристалон» желтый (97,0 %). Отмечено повышение приживаемости после обработки корней микроудобрениями всех применяемых марок от 3,6 до 5,1 %, кроме марки «Batr max», у которой она находилась на уровне контроля, увеличение процента приживаемости в пределах НСР, таблица 1.

Таблица 1 - Приживаемость пробирочных растений картофеля после посадки в теплицу, в среднем, 2019 – 2020 гг.

Вариант	Приживаемость пробирочных растений картофеля на 10 день после посадки в теплицу, %
Контроль	91,9
«НаноКремний»	95,5
«Кристалон» универсальный	96,9
«Кристалон» желтый	97,0
«Кристалон» коричневый	96,2
«FERTIKA люкс»,	96,7
«Batr max»	93,0
НСР <sub>05</sub> %	1,7

Анализ структуры урожая показал, что максимальное количество клубней на одно растение картофеля у сорта Рубин отмечено при обработке их во время вегетации микроудобрениями таких марок, как «FERTIKA люкс», «Кристалон» коричневый и желтый, «Batr max» образовалось от 2,4 до 2,9 клубней, увеличение составило 0,75-1,25 шт. или 45,5 – 75,8, % к контролю.

По числу и по массе клубней преобладали фракции 3,0-15,0 и >15,0 г, это 0,9-1,05 и 0,9-1,15 шт. на одно растение или 35,3 – 41,7 и 37,5-47,9% от общего числа клубней. Увеличение клубней на один куст происходило в основном за счет крупной фракции, макро-клубни >15,0 грамм (0,3-0,55 шт.) процент к контролю составил 45,5-75,8 % от общей массы. В вариантах с применением «Кристалон» коричневый и желтый увеличение клубней на один куст происходило, также и за счет средней фракции 1,0-1,05 шт. в контроле 0,55, таблица 2.

Таблица 2 - Влияние микроудобрений на продуктивность и фракционный состав клубней, сорт Рубин, в среднем, 2019-2020 гг.

Вариант	Среднее число клубней с куста								
	фракции клубней, грамм						всего		
	>3,0		3,0 – 15,0		>15,0				
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	+/- шт. к контролю	+ /- % к контролю
Контроль	0,50	30,3	0,55	33,3	0,60	36,4	1,65	-	-
«НаноКремний»	0,60	28,6	0,80	38,1	0,70	33,3	2,10	+0,45	+27,3
«Кристалон» универсальный	0,40	19,0	0,85	40,5	0,85	40,5	2,10	+0,45	+27,3
«Кристалон» желтый	0,50	20,8	1,00	41,7	0,90	37,5	2,40	+0,75	+45,5
«Кристалон» коричневый	0,75	25,9	1,05	36,2	1,10	37,9	2,90	+1,25	+75,8
«FERTIKA люкс»	0,60	25,0	0,65	27,1	1,15	47,9	2,40	+0,75	+45,5
«Batr max»	0,80	31,4	0,90	35,3	0,85	33,3	2,55	+0,90	+54,5
НСР <sub>05</sub>								0,55	

Применяемые марки микроудобрений положительно влияли на увеличение массы клубней на один куст у сорта Рубин. Она увеличилась на 18,61-48,37 грамма и составила 69,51-99,27 г на один куст, в контроле 50,90 г., это на 36,5 – 95,0 % больше чем в варианте - контроль, таблица 3.

Таблица 3 - Влияние микроудобрений на массу клубней, в среднем, 2019 – 2020 гг.

Вариант	Сорт Рубин			
	средняя масса одного клубня, г	средняя масса на один куст, г	+/- к контролю, г	+/- к контролю, %
Контроль	30,85	50,90	-	-
«НаноКремний»	33,1	69,51	+18,61	+36,5
«Кристалон» универсальный	35,45	74,44	+23,54	+46,2
«Кристалон» желтый	32,55	78,12	+27,22	+53,5
«Кристалон» коричневый	34,23	99,27	+48,37	+95,0
«FERTIKA люкс»	31,38	75,30	+24,4	+47,9
«Batr max»	28,9	73,70	+22,8	+44,8
НСР <sub>05</sub>			4,0	

Средняя масса одного клубня по сорту Рубин составила 28,9 – 35,45 г., при этом максимальная средняя масса одного клубня в варианте с применением микроудобрения «Кристалон» универсальный 35,45 г. в контроле 30,85 грамм. На уровне контроля находилась средняя масса одного клубня (28,9 г.) в варианте с обработкой микроудобрением «Batr max». Максимальная средняя масса на один куст в варианте с обработкой микроудобрением «Кристалон» коричневый – 99,27 грамм, это на 48,37 грамм больше чем в контроле, таблица 4.

Таблица 4 - Средняя масса одного клубня по фракциям, в среднем, 2019 – 2020 гг.

Вариант	Сорт Рубин		
	<3,0 г	3,0 – 15,0 г	>15,0 г
Контроль	1,70	12,85	71,7
«НаноКремний»	2,85	15,10	79,6
«Кристалон» универсальный	2,60	14,50	72,1
«Кристалон» желтый	2,30	14,55	69,4
«Кристалон» коричневый	2,38	12,56	75,30
«FERTIKA люкс»	1,7	10,9	58,4
«Batr max»	2,0	13,25	70,8
НСР <sub>05</sub>	0,4	1,0	1,1

Если провести сравнительную оценку фракционного состава клубней у сорта Рубин, от применения различных марок микроудобрений, то можно отме-

титель следующее: по всем фракциям отмечено увеличение массы клубней, от применения различных марок микроудобрений. И только в варианте с обработкой микроудобрением «FERTIKA люкс», не отмечено увеличение средней массы клубня по фракциям, она находится на уровне контроля. Более крупные клубни по фракциям <3,0 и 3,0 – 15,0 г получены в варианте с обработкой микроудобрением «НаноКремнием» (2,85 г, и 15,1 г), а у фракции >15,0 с применением «Кристалон» коричневый и «НаноКремнием» (75,3-79,6 г).

**Заключение.** Для повышения приживаемости пробирочных растений картофеля сорта Рубин при пересадке в теплицу, из среды *in vitro* в *in vivo* рекомендуется использовать микроудобрения «Кристалон» коричневый, универсальный и «FERTIKA люкс» в дозе 0,4 г/л, для обработки корней перед посадкой, приживаемость увеличивается на 3,6-5,1%.

При выращивании семенного материала первого клубневого поколения в условиях закрытого грунта для активизации клубнеобразования с целью повышения выхода микро-клубней можно использовать следующие микроудобрения:

- «Batr мах» в дозах: первая обработка 5 мл/л, вторая – 1,2 л/га, третья 1,2 л/га;
- «FERTIKA люкс» - первая, вторая и третья обработки в дозе 0,4 г/л;
- «Кристалон» коричневый и желтый, в дозах: первая обработка 0,4 г/л, вторая – 0,2 кг/га, третья 0,2 кг/га.

Максимальное количество клубней на одно растение картофеля сорта Рубин отмечено при обработке их во время вегетации микроудобрениями таких марок, как «FERTIKA люкс», «Кристалон» коричневый и желтый, «Batr мах» образовалось от 2,4 до 2,9 клубней, увеличение составило 0,75-1,25 шт. или 45,5 – 75,8% к контролю. Увеличение клубней на один куст происходило в основном за счет крупной фракции, макро-клубни >15,0 грамм (0,3-0,55 шт.) процент к контролю составил 45,5-75,8 % от общей массы. В вариантах с применением «Кристалон» коричневый и желтый увеличение клубней на один куст происходило, также и за счет средней фракции 1,0-1,05 шт. в контроле 0,55 шт.

### Библиографический список

1. Влияние концентраций витаминов и гормонов в питательной среде на рост и развитие картофеля в культуре *in vitro* / Д.Л. Антонова, Д.В. Циклаури, А.Д. Гогичаишвили, Л.А. Хокришвили // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-прак. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: С.А. Турко (гл. ред.) и др. Мн., 2016. Т. 24. С. 322-332.
2. Попкович А.И., Родькина А.И., Анципович В.В. Оценка эффективности современных микро- и наноудобрений в семеноводческих посадках картофеля // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-прак. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: С.А. Турко (гл. ред.) и др. Мн., 2016. Т. 24. С. 362-368.
3. Гудилин Н.А. Богатство наномира. Фоторепортаж из глубины вещества. М.: Бином, 2009. С. 176.
4. Муромцев Г.С., Данилина Б.Э. Состояние исследований по регуляторам роста растений в России // Физиология растений. 1994. Т. 41, № 5. С. 779-787.

5. Выращивание оздоровленных *in vitro* микроклонов картофеля в закрытом грунте / Л.Г. Браткова, М.Н. Мащенко, А.Н. Малихина, А.С. Волощенко // Земледелие. 2015. № 6. С. 46-48.
6. Методические рекомендации по специализированной оценке сортов картофеля / С.А. Банадысев, И.И. Колядко и др. Мн., 2003. 70 с.
7. Развитие подотраслей садоводства, овощеводства и картофелеводства в АПК Брянской области / С.М. Сычев, С.А. Бельченко, Г.П. Малявко, А.В. Дронов, В.В. Ковалев // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 1 (95). С. 10-20.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Ториков В.Е., Сычев С.М. Овощеводство. Учебное пособие для СПО / Сер. Среднее профессиональное образование. Санкт-Петербург, 2020.

УДК 633.112.9:631.5

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В БИОЛОГИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ

**Ториков В.Е.**, д. с.-х. н., профессор, *torikov@bgsha.com*  
**Мельникова О.В.**, д. с.-х. н., профессор, **Шпилев Н.С.**, д. с.-х. н., профессор,  
*Torikov V.E., Melnikova O.V., Shpilev N.S.*

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»  
*Bryansk State Agrarian University*

**Аннотация.** В статье приводятся результаты исследований по программированию урожайности зерна озимой тритикале. Цель исследования - оценить использование методов программирования урожайности зерна озимой тритикале для условий биологического земледелия. Объект исследования – озимая тритикале сорта Михась. Основываясь на методах программирования продуктивности культур М.К. Каюмова, был рассчитан программированный уровень урожайности зерна озимой тритикале. Установлено, что для получения программированного уровня урожайности зерна озимой тритикале 5 т/га достаточно обеспечить поступление в почву N60P60K60 в виде сложного удобрения азофоски (16:16:16). Озимую тритикале желательно размещать в севообороте после однолетних зернобобовых или раннего картофеля, удобренного навозом. Исследования, проведенные в условиях многолетнего опыта Брянского ГАУ показали, что при внесении минеральных удобрений на уровень урожайности 5 т/га (N-60;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-66;K<sub>2</sub>O-66), она составила 5,19 т/га. На биологической технологии без внесения минеральных удобрений сорт Михась обеспечил 3,15 т/га зерна. Важно отметить, что в юго-западной части Центрального региона России главным лимитирующим фактором формирования запрограммированного уровня урожайности зерна озимого

тритикале является недостаточное количество осадков и неравномерное их распределение в течение вегетации.

**Abstract.** *The article presents the results of research on programming the yield of winter triticale grain. The purpose of the study is to evaluate the use of methods of programming the yield of winter triticale grain for biological farming conditions. The object of the study is winter triticale of the Mihas variety. Based on the methods of programming the productivity of crops by M.K. Kayumov, the programmed level of grain yield of winter triticale was calculated. It was found that in order to obtain a programmed yield level of winter triticale grain of 5 t/ha, it is sufficient to ensure that N60P60K60 enters the soil in the form of a complex fertilizer (16:16:16). Winter triticale should preferably be placed in crop rotation after annual legumes or early potatoes fertilized with manure. Studies conducted under the conditions of long-term experience of the Bryansk State Agrarian University showed that when applying mineral fertilizers to the yield level of 5 t/ha (N-60; P2O5-66; K2O-66), it amounted to 5.19 t/ha. Using biological technology without applying mineral fertilizers, the Mihas variety provided 3.15 tons/ha of grain. It is important to note that in the southwestern part of the Central Region of Russia, the main limiting factor in the formation of the programmed yield level of winter triticale grain is insufficient precipitation and uneven distribution during the growing season.*

**Ключевые слова:** озимая тритикале, программирование урожая, урожайность зерна, биологическая технология.

**Keywords:** *winter triticale, crop programming, grain yield, biological technology.*

**Введение.** Для формирования высокой урожайности каждого отдельно взятого растения необходимы оптимальные условия внешней среды: свет и тепло, получаемые от солнца, вода и элементы питания - из почвы, диоксид углерода (углекислый газ - CO<sub>2</sub>) и кислород - из воздуха. Приток тепла необходим для набухания и прорастания семян, формирования всходов, поглощения растениями воды и питательных веществ, для создания органического вещества и роста, формирования растениями различных органов и прохождения ими каждого этапа развития. Поэтому температура окружающей среды оказывает большое влияние на все стороны жизни растений.

Важнейшей жизненной функцией зеленых растений является фотосинтез (первичный синтез органического вещества), для которого необходим одновременный приток света, тепла, воды и элементов минерального питания. Под действием энергии солнечного луча, поглощаемой хлоропластами листьев и других зеленых органов растений, идет фотолиз воды. При этом образуется свободный кислород, который выделяется в окружающий воздух, а водород присоединяется к углероду углекислого газа, восстанавливает его, и в результате образуются органические вещества: углеводы, белки, кислоты, витамины, фитогормоны и др. [1].

Одновременно с созданием органического вещества в растениях протекает дыхание, которое сопровождается расходом органического вещества

с высвобождением заключенной в нем энергии химических связей, необходимой растениям для поглощения из почвы воды, вместе с растворенными в ней питательными веществами, и подачи их к листьям; процессов роста и многих других жизненных функций. При дыхании растения выделяют тепло. Листья растений в продуктивных посевах поглощают до 80-85% фотосинтетически активных лучей (длина волн 380-720 нм (нанометров), т.е. ФАР - фотосинтетически активная радиация. Эти лучи хорошо поглощаются зеленым пигментом хлоропластом-хлорофиллом и являются энергетической основой фотосинтеза. Однако на фотосинтез расходуется лишь не более 1,5-3% поглощенной энергии ФАР. Фотосинтез у растений начинается при очень слабом освещении, затем возрастает достигает максимальной величины при освещенности порядка трети - половины полной солнечной радиации (полная - около 100 тыс. люкс в июне - июле). Световые условия в посевах можно регулировать сроками сева, густотой стояния растений и другими приемами агротехники.

Минимальная температура для фотосинтеза у большинства сельскохозяйственных культур в пределах 0 ..+5° С, наиболее благоприятная или оптимальная температура, при которой интенсивность фотосинтеза достигает высшего уровня, у разных групп растений колеблется в пределах 20...30°С. Дальнейшее повышение температуры снижает интенсивность фотосинтеза, а при 40...45°С он полностью прекращается.

Поэтому оптимизация условий возделывания является одним из факторов, позволяющим получать высокие и стабильные урожаи. Все планируемые агротехнические мероприятия необходимо приспособлять для обеспечения оптимальных условий фотосинтеза.

Урожай формируется за счет солнечной энергии и углекислого газа, находящегося в атмосфере. Поэтому все агротехнические приемы направлены на повышение использования солнечной энергии. Зная приход ФАР за период вегетации, можно поставить задачу формирования посева с определенным процентом усвоения ФАР, а на основе этого показателя определить потенциальную урожайность культуры [2].

**Цель исследования** – оценить использование методов программирования урожайности зерна озимой тритикале для условий биологического земледелия.

**Объекты и методы исследования.** Объект исследования – озимая тритикале сорта Михась. Исследования выполнены в плодосменном севообороте Брянского ГАУ со следующим чередованием сельскохозяйственных культур: люпин на семена - озимая тритикале- картофель - ячмень - однолетние травы (горохо-овсяная смесь). Почва серая лесная среднесуглинистая хорошо окультуренная. Полевые опыты проводились на делянках размером (22 x 10,8 м) 237,6 м<sup>2</sup> (учетная площадь 200 м<sup>2</sup>). Повторность в опыте трехкратная. Норма высева – 5,5 млн. всх. сем./га.

Основываясь на методах программирования продуктивности культур М.К. Каюмова (1989), нами была рассчитан программный уровень урожайности зерна озимой тритикале по приходу ФАР в юго-западной части Центрального региона России [2].

### Результаты исследований.

Тритикале – одна из культур, способная решить проблему производства фуражного зерна в достаточных объемах и нужного качества, потому что она имеет более высокую озерненность колоса и, следовательно, большую продуктивность.

За весенне-летний период вегетации озимой тритикале с 20 апреля по 31 июня ( $T_y=102$  дня) приход ФАР составляет  $97,1 \text{ кДж/см}^2$  ( $\Sigma Q$ ). Калорийность или теплотворная способность зерна у этой культуры достигает  $19050 \text{ кДж/кг}$  ( $q$ ). Соотношение между зерном и соломой равняется  $1 : 1,5$  или  $2,5$  части. На долю основной продукции приходится  $0,4$  части ( $1 : 2,5$ ) от абсолютно сухой биомассы, а при  $14\%$ -ной стандартной влажности  $0,465$  ( $K_m=0,4 : 86\% \times 100\%$ ). При наличии этих показателей урожайность по приходу ФАР определяли по формуле (Каюмов М.К., 1989):

$$Y_{\text{прог}} = 10^4 \times \eta \times K_m \times \Sigma Q / q \quad (1)$$
$$Y_{\text{прог}} = 10^4 \times 4\% \times 0,465 \times 97,1 \text{ кДж/см}^2 / 19050 \text{ кДж/кг} = 9,48 \text{ т/га (сухого зерна)}$$

За период вегетации ( $T_v = 110$  дней) сумма температур оказывается равной  $1450^0$  ( $\Sigma t^0$ ). При коэффициенте увлажнения ( $K_{\text{увл}}$ )  $1,0$  биоклиматический потенциал (БКП) составляет  $1,45$  балла:

$$\text{БКП} = K_{\text{увл}} \times (\Sigma t^0) / 10^3 = 1,0 \times 1450^0 \text{C} / 10^3$$

Бонитировочный балл климата ( $\beta$ ) представляет собой отношение урожая товарной продукции ( $Y_{\text{прог}}$ ), который соответствует заданному КПИ ФАР ( $4\%$ ), к БКП и выраженный в ц зерна на  $1$  балл климата:

$$\beta = Y_{\text{прог}} / \text{БКП} = 9,48 \text{ т/га зерна} / 1,45 \text{ балла} = 6,54 \text{ т зерна/балл}$$

При определении урожайности озимой тритикале  $K_m$  приняли равным, тритикале –  $0,448$  ед. При сжигании  $1 \text{ кг}$  зерна тритикале выделяется ( $q$ ) –  $18945 \text{ кДж}$  энергии.

Таким образом, свет и тепло, как важнейшие факторы климата, используют для оценки продуктивности почвенно-климатических ресурсов.

В таблице 1 приведена урожайность озимой тритикале, рассчитанная по приходу ФАР, БКП при КПИ ФАР =  $4\%$ .

Таблица 1 - Урожайность зерна озимой тритикале по БКП при КПИ ФАР =  $4\%$

Культура	$T_v$ , дни	$\Sigma t$ , $^0\text{C}$	БКП, баллы	$\beta$ , т зерна на 1 балл	$Y$ , т/га зерна	$\Sigma Q$ , $\text{кДж/см}^2$
Озимая тритикале	110	1550	1,45	6,54	9,81	106,8

При переходе на биологическое земледелие важно понимать, что продуктивность культуры может быть ниже, чем в традиционном земледелии, где без

ограничений можно применять минеральные туки, пестициды, регуляторы роста растений [3]. Поэтому важно иметь модели продуктивности посевов на разный уровень программируемой урожайности.

Озимая тритикале - культура высокой зерновой продуктивности, в условиях биологического земледелия она может обеспечить урожайность зерна до 5 т/га при продуктивном стеблестое 370 шт/м<sup>2</sup> и массе зерна с колоса 1,35 г (табл. 2).

Таблица 2 - Модель посевов озимой тритикале различной продуктивности

Показатель	Уровень программированной урожайности, т/га		
	5,0	7,0	10,0
Урожайность биомассы ( $Y_{\text{биол}}$ ), т/га	12,5	17,5	25,0
Фотосинтетический потенциал (ФП) посева, тыс.м <sup>2</sup> /га x дней	2560	3570	3890
Площадь листьев (S), тыс.м <sup>2</sup> /га:			
средняя ( $S_{\text{ср}}$ )	25,6	27,8	28,1
максимальная ( $S_{\text{макс}}$ )	50,3	50,9	51,4
Выход продукции на 1 тыс.единиц ФП, кг:			
зерна	2,05	2,03	2,03
биомассы	5,12	5,10	5,15
Выход зерна с 1 колоса, г	1,35	1,55	1,55
Количество продуктивных колосьев к уборке на 1 м <sup>2</sup> , шт.	370	451	460
Продуктивная кустистость	1,4	1,5	1,6
Количество растений к уборке на 1 м <sup>2</sup> , шт.	264	301	288
Выживаемость семян и растений к уборке, %	70	82	82
Норма высева, млн. всхожих семян/га	3,43	3,56	3,40

При расчете биологической урожайности густота посева – один из важнейших показателей оптимальной фотосинтетической деятельности растений. Ее, как правило, определяют по полевой всхожести семян. Однако некоторая часть растений к уборке отмирает.

Для получения оптимального количества растений к уборке (Р) и заданной урожайности устанавливают общую выживаемость семян и растений ( $V_{\text{общ}}$ ). При наличии этого показателя норму высева ( $N_{\text{в}}$ ) рассчитывают по формуле, включив в нее массу 1000 зерен (А, г) и посевную годность семян ( $\Pi_{\text{г}}$ , %):

$$N = 10^4 \times P \times A / \Pi_{\text{г}} \times V_{\text{общ}}$$

Например, агрофизические свойства почвы и влагообеспеченность периода вегетации позволяют получать 5,0 т/га зерна озимой тритикале. Масса 1000 зерен – 35 г, выход зерна с 1 колоса – 1,35 г. Чтобы получить 5,0 т/га зерна, к уборке необходимо иметь 370 продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup> (5,0 т/га : 1,35 г x 10<sup>4</sup>), что при средней кустистости 1,4 соответствует 2,64 млн. растений (264

растений / м<sup>2</sup> = 370 : 1,4) на 1 га. При общей выживаемости семян и растений 80% и посевной годности семян 95% норма высева равна:

$$H = 10^4 \times 2,64 \text{ млн. растений/га} \times 35 \text{ г/95\%} \times 80\% = 122 \text{ кг/га.}$$

Многочисленные определения показали, что 1 тыс. единиц ФП обеспечивает сбор 2-3 кг зерна ( $M_{\text{фп}}$ ). При программировании урожайности 5,0 т/га зерна ( $Y_{\text{тов}}$ ) за период вегетации озимой тритикале ( $T_y = 110$  дней) суммарный ФП составит 2,56 млн. м<sup>2</sup>/га x дней : ФП =  $10^3 (Y_{\text{тов}}/M_{\text{фп}}) = 10^3 (5000 \text{ кг} : 2 \text{ кг/1000 ед. ФП})$ .

Зная  $T_y$  и ФП определяют  $S_{\text{ср}}$  :  $S_{\text{ср}} = \text{ФП}/T_y = 2,5 \text{ млн. тыс.м}^2/\text{га} \times \text{дней}/110 \text{ дней} = 27,5 \text{ тыс.м}^2/\text{га}$ .  $S_{\text{макс}}$  определяют произведением  $S_{\text{ср}}$  на коэффициент 1,83 :  $S_{\text{макс}} = 1,83 \times 27,5 \text{ тыс.м}^2/\text{га} = 50,3 \text{ тыс.м}^2/\text{га}$ .

В условиях Нечерноземья исключительно велика роль такого макроэлемента, как азота, идущего для развития вегетативной массы и зерна озимых зерновых культур. Для формирования высокобелкового зерна, нормального процесса закаливания и хорошей перезимовки необходим фосфор и калий. Наиболее требовательными культурами к уровню питания является озимая пшеница, несколько меньше требовательна тритикале и еще меньше рожь.

Вынос элементов питания озимыми зерновыми культурами составляет:

	N	P <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Озимая тритикале	31,4	12,4	23,2
Озимая пшеница	32,5	11,5	20,0
Озимая рожь	31,0	13,7	26,0

Критический период в отношении обеспеченности азотом приходится на фазу кущения, а по фосфору – первые 40 дней после появления всходов.

Для получения запрограммированного уровня урожайности зерна – 5 -7 - 10 тонн зерна с 1 га и обеспечения высокой зимостойкости озимой тритикале необходимо минеральные удобрения вносить (кг/га) в следующих количествах:

Таблица 3 – Нормы расчетных NPK под планируемую урожайность зерна тритикале

Урожайность программируемая, т/га;	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
5,0	60	66	66
7,0	95	105	105
10,0	119	130	130

Для получения запрограммированного уровня урожайности зерна озимой тритикале 5 т/га достаточно обеспечить поступление в почву N60P60K60 в виде сложного удобрения азофоски (16:16:16). Озимую тритикале желательно размещать в севообороте после однолетних зернобобовых или раннего картофеля, удобренного навозом.

Важно отметить, что в юго-западной части Центрального региона России главным лимитирующим фактором формирования запрограммированного уровня урожайности зерна озимого тритикале является недостаточное количество осадков и неравномерное их распределение в течение вегетации [4].

Исследования, проведенные в условиях многолетнего опыта Брянского ГАУ показали, что при внесении минеральных удобрений на уровень урожайности 5 т/га (N-60;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-66;K<sub>2</sub>O-66), она составила 5,19 т/га. На биологической технологии без внесения минеральных удобрений сорт Михась обеспечил 3,15 т/га зерна.

На юго-западе Центрального региона России элементы технологии возделывания озимой и яровой тритикале изучены недостаточно. В связи с этим, совершенствование отдельных агроприемов ее возделывания, максимальное согласование их с биологическими требованиям культуры и индивидуальный подход к каждому сорту, позволит реализовать потенциал генетической продуктивности [5]. Высокая потенциальная урожайность озимой тритикале, составляющая более 10 т/га, пока реализуется не в полной мере. Прежде всего, этому препятствует несоблюдение технологии возделывания в условиях ухудшения фитосанитарного состояния посевов, что обусловлено недостатком благоприятных предшественников при быстром и столь значительном расширении в ряде регионов посевных площадей озимых культур. Поэтому разработка и совершенствование основных элементов технологии возделывания, адаптированных к условиям произрастания с учетом сортовой специфики, позволит полнее реализовать высокий генетический потенциал озимой тритикале, что является актуальным и имеет важное практическое значение особенно при переходе на биологическое земледелие.

**Заключение.** Для получения запрограммированного уровня урожайности зерна озимой тритикале 5 т/га достаточно обеспечить поступление в почву N60P60K60 в виде сложного удобрения азофоски (16:16:16). Озимую тритикале желательно размещать в севообороте после однолетних зернобобовых или раннего картофеля, удобренного навозом. Исследования, проведенные в условиях многолетнего опыта Брянского ГАУ показали, что при внесении минеральных удобрений на уровень урожайности 5 т/га (N-60;P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-66;K<sub>2</sub>O-66), она составила 5,19 т/га. На биологической технологии без внесения минеральных удобрений сорт Михась обеспечил 3,15 т/га зерна. Важно отметить, что в юго-западной части Центрального региона России главным лимитирующим фактором формирования запрограммированного уровня урожайности зерна озимого тритикале является недостаточное количество осадков и неравномерное их распределение в течение вегетации.

### **Библиографический список**

1. Кирдин В.Ф. Технологическое обеспечение возделывания новых сортов зерновых культур // Земледелие на рубеже XXI века: сб. докл. междунар. науч. конф. М.: Изд-во МСХА, 2003. С. 278-282.
2. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев. М.: Россельхозиздат, 1982. 186 с.

3. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. 354 с.

4. Собко А.А. Программирование урожаев - в основу прогрессивных технологий. Киев: Урожай, 1984. 152 с.

5. Пупонин А.И. Земледелие. М.: Колос, 2000. 551 с.

6. Соколов Н.А., Дьяченко О.В., Бабьяк М.А. Тенденции биологизации земледелия Брянской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 65-73.

7. Природные ресурсы растениеводства западной части европейской России / Белоус Н.М., Малявко Г.П., Мамеев В.В., Просянных Е.В., Ториков В.Е. Коллективная монография: в двух частях / Том Часть 1 Современное состояние. Брянск, 2020.

8. Просянных Е.В., Малявко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области // Агротехнический вестник. 2021. № 6. С. 45-49.

УДК 631.147:633.11:633.14:633.16:551.588 (470.333)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ БИОЛОГИЗИРОВАННОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ОЗИМОЙ  
РЖИ И ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ  
БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Improvement of elements biologized of technology of cultivation of winter wheat,  
winter rye and spring barley in agro-climatic conditions of the Bryansk region*

**Бельченко С.А.**, д. с.-х. н., профессор, **Дронов А.В.**, д. с.-х. н., профессор,  
**Малявко Г.П.**, д. с.-х. н., профессор, **Осипов А.А.**, к. с.-х. н.  
*Belchenko S.A., Dronov A.V., Malyavko G.P., Osipov A.A.*

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»  
*Bryansk State Agrarian University*

**Аннотация.** В условиях биологизации растениеводства на современном этапе возникают определенные трудности по компенсации средств химизации, применяемых ранее в значительных количествах, агротехническими и биологическими мерами повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Проблема эта сложная и как показывает опыт зарубежных стран, чаще всего ведет к снижению сборов продукции растениеводства, в том числе и зерна. Однако в тех условиях снижение урожайности хотя и значительно, но оно не оказывает катастрофического влияния на зерновой рынок. В наших условиях стоит задача более сложная - увеличить валовые сборы высококачественного продовольственного зерна при возможно меньшем применении дорогостоящих средств химизации. В данном случае речь идет о существенной корректировке ранее рекомендуемых интенсивных технологий возделывания зерновых культур.

тур. Снижение уровня применения минеральных удобрений и пестицидов важно не только по экономическим соображениям, но и с учетом экологической обстановки, в особенности, на юго-западе центра Нечерноземной зоны России. Продукция растениеводства должна быть экологически чистой от целого ряда веществ, которые усугубляют отрицательное действие радионуклидов. Данные обстоятельства вынуждают заняться разработкой биологизированных систем воспроизводства почвенного плодородия, основанных на замкнутости круговорота веществ и энергии в агроэкосистемах и снижении отрицательного воздействия средств химизации на окружающую среду и качество получаемой растениеводческой продукции.

**Ключевые слова:** биологизация, зерно, озимая пшеница, озимая рожь, яровой ячмень, технологии, пестициды, минеральные удобрения.

***Abstract.** In the conditions of biologization of crop production at the present stage, there are certain difficulties in compensating for the means of chemicalization previously used in significant quantities by agrotechnical and biological measures to increase crop yields. This problem is complex and, as the experience of foreign countries shows, most often leads to a decrease in crop production fees, including grain. However, in those conditions, the decrease in yield, although significant, does not have a catastrophic impact on the grain market. In our conditions, the task is more complex - to increase the gross collections of high-quality food grain with as little as possible the use of expensive chemicals. In this case, we are talking about a significant adjustment of the previously recommended intensive technologies for cultivating grain crops. Reducing the use of mineral fertilizers and pesticides is important not only for economic reasons, but also taking into account the environmental situation, especially in the south-west of the center of the Non-Chernozem zone of Russia. Crop production should be environmentally friendly from a number of substances that aggravate the negative effects of radionuclides. These circumstances force us to develop biologized systems of reproduction of soil fertility based on the closure of the cycle of substances and energy in agroecosystems and reducing the negative impact of chemicals on the environment and the quality of the resulting crop products.*

**Keywords:** biologization, grain, winter wheat, winter rye, spring barley, technologies, pesticides, mineral fertilizers.

**Введение.** В условиях биологизации земледелия принципы программирования приобретают первостепенное значение в связи с экономическими и экологическими условиями. Дороговизна средств химизации и негативное воздействие их на окружающую среду требуют всестороннего и более тщательного учета основ программирования. При этом принципы программирования должны иметь несколько иное содержание, чем в условиях интенсивного использования минеральных удобрений и пестицидов. Отдельные из них должны быть дополнительно изучены, уточнены и могут быть изменены применительно к биологизации земледелия. Реальным направлением реализации этих задач является внесение в почву вегетативной массы растений (сидератов и не используемой в хозяйствах соломы), навоза, сапропеля и других органических материалов. Целью исследований являлась разработка приемов и способов по-

лучения устойчивых урожаев продовольственного зерна озимой пшеницы, озимой ржи и ярового ячменя высокого качества на основе использования факторов биологизации; влияния средств биологизации растениеводства на урожайность зерновых продовольственных культур; определение возможностей реализации биоклиматического потенциала продуктивности посевов изучаемыми культурами; Научная новизна предлагаемой работы состоит в том, что впервые в юго-западной части центрального региона России на основе системного подхода проведены исследования по оценке влияния элементов биологизированных технологий с разной насыщенностью средствами химизации и без них на качественные показатели продовольственного зерна озимой пшеницы, озимой ржи и ярового ячменя [1, с. 108; 2; 3, с. 3-11; 4, с. 165].

На наш взгляд, центральное место в программировании урожайности сельскохозяйственных культур должен занять в современных условиях биоклиматический потенциал продуктивности (БКП) - один из наиболее характерных показателей, определяющих продуктивность пашни в различных почвенно-климатических зонах. Данные обстоятельства вынуждают заняться разработкой биологизированных систем воспроизводства почвенного плодородия, основанных на замкнутости круговорота веществ и энергии в агроэкосистемах и снижении отрицательного воздействия средств химизации на окружающую среду и качество получаемой растениеводческой продукции ячменя [5, с. 3-8; 6, с. 3-10; 7, с. 118; 8, с. 63; 9, с. 367; 10, с. 160].

**Цель.** Целью исследований являлась разработка приемов и способов получения устойчивых урожаев продовольственного зерна озимой пшеницы, озимой ржи и ярового ячменя высокого качества на основе использования факторов биологизации.

**Объекты и методика исследования.** Многолетний стационарный опыт (номер государственной регистрации 046369) заложен в 1983 году на опытном поле Брянской государственной сельскохозяйственной академии. Опытное поле находится на серых лесных почвах учебного хозяйства «Кокино», которое является многоотраслевым предприятием, специализирующимся в растениеводстве на производстве элитного посевного и посадочного материала зерновых, ягодных культур и картофеля. Исследования выполнены в плодосменном севообороте со следующим чередованием сельскохозяйственных культур: люпин на семена - озимая пшеница - кукуруза на силос - ячмень - однолетние травы (горохо-овсяная смесь) - озимые рожь и тритикале - картофель - просо. По всем исследуемым культурам (озимая пшеница, озимая рожь, яровой ячмень), которые являются объектами исследования, сравнивались и объективно оценивались двенадцать технологий с разной насыщенностью средствами химизации и без их использования. Полевые опыты проводились на делянках размером (22 x 10,8 м) 237,6 м<sup>2</sup> (учетная площадь 200 м<sup>2</sup>). Повторность в опыте трехкратная, минеральные удобрения применялись в форме нитрофоски соотношением N: P<sub>2</sub>O: K<sub>2</sub>O - 12:12:12. В опытах имела место общепринятая для зоны основная и предпосевная обработка почвы, посев зерновых культур проводился сеялкой СН-16, уборка урожая путем прямого комбайнирования «Сампо-130». Урожай-

ные данные приведены к 100% чистоте и 14% влажности зерна и обработаны статистически методом дисперсионного анализа.

Почва на многолетнем стационарном опыте серая лесная легкосуглинистая сформирована на карбонатном суглинке. Агрохимический анализ почвы в опытах проводился по методикам, принятым в агрохимической службе. Величина рН (КС1) определялась ионо-метрическим методом (ГОСТ - 24483-84), содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O - по Кирсанову (ГОСТ - 26207-84), содержание гумуса - по Тюрину (ГОСТ - 2621283), сумма поглощенных оснований - по Каппену и Гильковицу (ГОСТ - 27034-85).

Агрохимические показатели ее представлены следующими показателями; содержание гумуса в почве после прохождения первой ротации севооборота заметно повысилось (3,9-4,4%), стабилизировалась величина рН<sub>кол</sub> на уровне 5,1-5,6, гидролитическая кислотность составила величину 2,9-3,6, а сумма поглощенных оснований - 14,3-17,8 мг/экв. на 100 г почвы. Климат Брянской области умеренно континентальный и влажный. Период с температурой выше 5°C длится 176-193 дня, а сумма температур за это время составляет 2450-2750°C. В период посева озимых (август-сентябрь) - стояла теплая влажная погода.

В целом метеорологические условия в годы проведения исследований имели существенные различия по степени благоприятности для роста и развития изучаемых культур. Озимая пшеница и озимая рожь развивались при благоприятных условиях. Вегетация их была продолжительной. Прекращение вегетации озимых произошло 15 октября, что на 8 дней позже обычных сроков. В зимовку растения ушли в хорошем состоянии. Зимний период характеризовался неустойчивой погодой с частыми оттепелями. Возобновление вегетации отмечено 12 апреля. В течение первой декады мая отмечался массовый выход растений озимой пшеницы в трубку, а озимой ржи несколько раньше. Колошение озимой ржи наступило 5 июня, а озимой пшеницы - 10 июня. Период молочно-восковой спелости отличался высокой влагообеспеченностью. Температура воздуха в среднем за летний период составила 17,7°C. Условия развития для ярового ячменя в целом тоже были благоприятными.

**Результаты исследования.** Многолетний полевой стационарный опыт заложен на основе системного подхода, так как при проведении исследований в растениеводстве мы имеем дело со сложными динамическими системами, включающими почву, растения и окружающую среду. В этом опыте проводится совершенствование элементов биологизированных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе озимой пшеницы, озимой ржи и ярового ячменя.

Схемы полевых опытов с озимой пшеницей, озимой рожью и яровым ячменем представлены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1 - Схема полевого опыта с озимой пшеницей Московская 70  
(предшественник - узколистный люпин на семена)

Варианты технологий	Нормы высева, млн. всхожих семян на 1 га	Системы удобрений и защиты растений
1	5,0	(NPK) <sub>120</sub> + N <sub>45</sub> (весной) + м/элементы (МЭ) + зеленое удобрение (ЗУ) + солома (С) + старане (1 л/га) + тур (4 л/га) + тилт (1 л/га) + метафос (0,5 л/га) - пестициды
2		(NPK) <sub>80</sub> + N <sub>45</sub> (весной) МЭ + навоз (Н) + 11
3		N <sub>45</sub> (весной) + Н + ЗУ + С + тур (4 л/га) + тилт (0,5 л/га) - Пу <sub>у</sub>
4		Н + ЗУ + С
5	3,75	(NPK) <sub>120</sub> + N <sub>45</sub> (весной) + МЭ + ЗУ + С + П
6		(NPK) <sub>80</sub> + N <sub>45</sub> (весной) + МЭ + Н + П
7		N <sub>45</sub> (весной) + Н + ЗУ + С + П <sub>у</sub>
8		Н + ЗУ + С
9	2,5	(NPK) <sub>120</sub> + N <sub>45</sub> (весной) + МЭ + ЗУ + С + П
10		(NPK) <sub>80</sub> + N <sub>45</sub> (весной) + МЭ + Н + П
11		N <sub>45</sub> (весной) + Н + ЗУ + С + П <sub>у</sub>
12		Н + ЗУ + С

Примечание: в вариантах 1,2 5, 6, 9 и 10 проводилась внекорневая подкормка микроэлементами совместно с NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> в фазу тестообразной спелости зерна в формах молибденовокислого аммония и сернокислого цинка.

Таблица 2 - Схема полевого опыта с озимой рожью Пурга  
(предшественник - однолетние травы)

Варианты технологий	Нормы высева, млн. всхожих семян на 1 га	Системы удобрений и защиты растений
1	6,0	(NPK) <sub>120</sub> + N <sub>45</sub> (весной) + м/элементы (МЭ) + зеленое удобрение (ЗУ) + солома (С) + базагран (3 л/га) + метафос (0,5 л/га) - фун- дозол (0,5 кг/га) + тилт (0,5 л/га) + кампозан (4 л/га) - пестициды
2		(NPK) <sub>70</sub> + N <sub>45</sub> (весной) + МЭ + навоз (Н) + П
3		N <sub>45</sub> (весной) + МЭ + Н + ЗУ + С + кампозан (4 л/га)) - П <sub>у</sub>
4		Н + ЗУ + С
5	4,5	(NPK) <sub>130</sub> + N <sub>45</sub> (весной) + МЭ + ЗУ + С + П.
6		(NPK) <sub>70</sub> + N <sub>45</sub> (весной) + МЭ + Н + П
7		N <sub>45</sub> (весной) + МЭ + Н + ЗУ + С + П <sub>у</sub>
8		Н + ЗУ + С
9	3,0	(NPK) <sub>130</sub> + N <sub>45</sub> (весной) + МЭ + ЗУ + С + П
10		(NPK) <sub>70</sub> + N <sub>45</sub> (весной) + МЭ + Н + П
11		N <sub>45</sub> (весной) + МЭ + Н + ЗУ + С + П <sub>у</sub>
12		Н + ЗУ + С

Примечание: внекорневая подкормка микроэлементами совместно с NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> проводилась в фазу тестообразной спелости зерна в формах молибденовокислого аммония и сернокислого цинка.

Таблица 3 - Схема полевого опыта с ячменем Прима Белоруссии  
(предшественник - кукуруза на силос)

Варианты технологий	Нормы высева, млн. всхожих семян на 1 га	Системы удобрений и защиты растений
1	5,0	(NPK) <sub>112</sub> + зеленое удобрение (ЗУ) + солома (С) - диален (2 л/га) + тилт (2-кратная обработка по 0,5 л/га) + метафос (0,5 кг/га) - пестициды
2		(NPK) <sub>97</sub> + навоз (Н) + П
3		(NPK) <sub>69(y)</sub> + ЗУ + Н + С + П <sub>y</sub>
4		Н + ЗУ + С
5	4,5	(NPK) <sub>112</sub> + ЗУ + С + П
6		(NPK) <sub>97</sub> + Н+ П
7		(NPK) <sub>69(y)</sub> + Н + ЗУ + С + П <sub>y</sub>
8		Н+ЗУ + С
9	3,0	(NPK) <sub>112</sub> + ЗУ + С + П
10		(NPK) <sub>97</sub> + Н+ П
11		(NPK) <sub>69(y)</sub> + Н + ЗУ + С + П <sub>y</sub>
12		Н + ЗУ + С

Примечание: индекс «у» означает умеренное применение средств химизации.

*Урожайность зерна озимой пшеницы, озимой ржи и ярового ячменя по биоклиматическому потенциалу и в связи с технологиями возделывания:*

Величину биоклиматического потенциала продуктивности определяли по формуле (Каюмов М.К., 1991)

$$БКП = K_{увл.} \sum \frac{t^0 > 10^0 C}{1000^0 C}$$

где БКП - биологический потенциал продуктивности, баллов;

К<sub>увл.</sub> - коэффициент увлажнения, показывающий обеспеченность культуры влагой за период вегетации;

$\sum t > 10^0 C$  - сумма температур, которая накапливается за вегетационный период;

1000<sup>0</sup>С - сумма температур на границе открытого земледелия.

Переход от баллов БКП к урожайности сухой биологической массы и зерна осуществлялся с использованием коэффициента (З, который соответствует определенному уровню использования ФАР и рассчитан по результатам экспериментальных данных.

$$У = \beta \cdot БКП$$

где, У - урожайность сухой биологической массы, ц/га; β - коэффициент использования ФАР. В свою очередь коэффициент увлажнения определялся по формуле:

$$K_{\text{увл}} = \frac{T_n \cdot x \cdot W}{10^4 \times \sum Q},$$

где  $T_n$  - коэффициент скрытой теплоты испарения, равный 2453 кДж/кг;  
 $W$  - влагообеспеченность посевов, выраженная, как продуктивная для растений влага, которая накапливается за период вегетации, мм/га:

$\sum Q$  - суммарная ФАР, приходящая на посевы, за вегетационным период, кДж/см<sup>2</sup>.

Результаты расчетов свидетельствуют, что в условиях юго-западной части Центрального региона Нечерноземной зоны урожайность озимой пшеницы Московская 70, озимой ржи Пурга и ярового ячменя Прима Белоруссии по БКП при КПД ФАР 2,0 % соответственно составляет 47,4, 45,3 и 52,9 ц/га и превышает производственную в 2,5-3,0 раза (рис. 1).

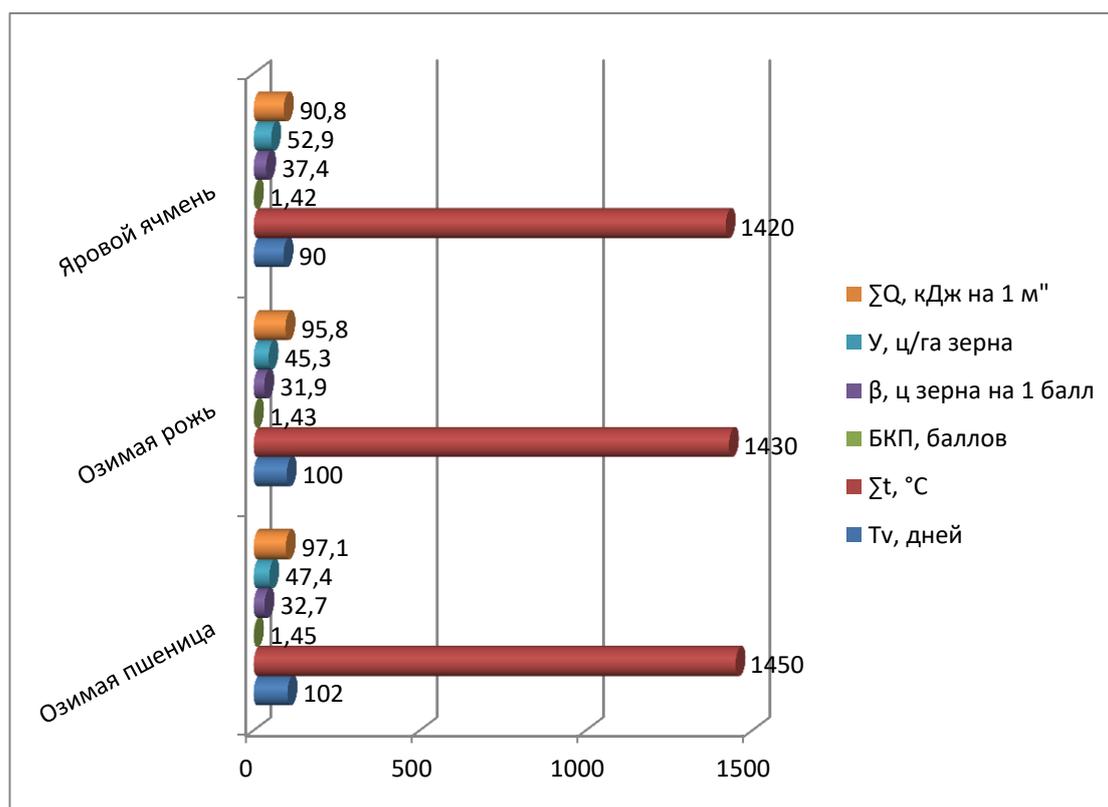


Рис. 1 Урожайность озимой пшеницы, озимой ржи и ярового ячменя по БКП (при КПД ФАР 2,0 %)

В наших исследованиях по первым двум культурам достигнута урожайность зерна близкая к расчетным в вариантах с высоким уровнем применения минеральных удобрений и пестицидов. Однако, на биологических технологиях степень реализации возможной урожайности значительно ниже и находится на уровне 71-75 %. По яровому ячменю Прима Белоруссии возможная урожайность по БКП составляет 52,9 ц/га, а степень ее реализации в условиях нашего эксперимента на первых четырех вариантах соответственно имеет величины 69, 66, 64 и 57 %. Полученные данные говорят о том, что по озимой пшенице и

озимой ржи необходимо совершенствование технологий на уровень использования ФАР 2,53,0 %, а по яровому ячменю необходимо применение более эффективных приемов возделывания с целью достижения КПД ФАР в 2,0 %.

В полевом стационарном опыте на серой лесной легкосуглинистой почве получены данные по урожайности, свидетельствующие о высокой продуктивности сорта озимой пшеницы Московская 70 и показывающие пути дальнейшего совершенствования технологий (табл. 4). Учет урожая в опыте был сплошной, урожайные данные после определения соответствующих показателей приведены к 100 % чистоте и 14 % влажности зерна. Аналогично было сделано по озимой ржи и ячменю.

В особенности, обращает на себя то обстоятельство, что урожайность зерна озимой пшеницы подвержена изменениям по годам в связи с разными агроклиматическими условиями. В ряде вариантов она приближалась к 50 ц/га. Это вполне объяснимо, так как связано с особенностями биологии культуры.

Таблица 4 - Влияние технологий возделывания на урожайность озимой пшеницы Московская 70

№ п/п	Нормы высева, млн. всхожих семян на 1 га	Вариант систем удобрений и защиты растений	Урожайность, ц/га по годам исследования			Среднее за три года	Отклонения, + или -	
			I <sup>й</sup>	II <sup>й</sup>	III <sup>й</sup>		по фонам	по нормам
1	5,0	(NPK) <sub>120</sub> + N <sub>45</sub> + МЭ + ЗУ + С + П	48,7	38,9	47,1	44,9	+ 9,9	-
2	5,0	(NPK) <sub>80</sub> + N <sub>45</sub> + МЭ + Н + П	49,0	43,4	48,7	47,0	+ 12,0	-
3	5,0	N <sub>45</sub> + Н + ЗУ + С + П <sub>у</sub>	49,7	37,6	41,4	42,9	+ 7,9	-
4	5,0	Н + ЗУ + С	40,7	31,5	32,7	35,0	-	-
5	3,75	(NPK) <sub>120</sub> + N <sub>45</sub> + МЭ + ЗУ + С + П	52,1	39,7	44,7	45,5	+ 8,5	+ 0,6
6	3,75	(NPK) <sub>80</sub> + N <sub>45</sub> + МЭ + Н + П	51,0	41,2	45,3	45,8	+ 8,8	-1,2
7	3,75	N <sub>45</sub> + Н + ЗУ + С + П <sub>у</sub>	49,8	43,0	43,6	45,5	+ 8,5	+ 2,6
8	3,75	Н + ЗУ + С	41,4	33,2	36,6	37,0	-	+ 2,0
9	2,5	(NPK) <sub>120</sub> + N <sub>45</sub> + МЭ + ЗУ + С + П	52,8	36,7	45,6	45,0	+ 10,0	+ 0,1
10	2,5	(NPK) <sub>80</sub> + N <sub>45</sub> + МЭ + Н + П	55,5	39,7	47,6	47,6	+ 12,6	+ 0,6
11	2,5	N <sub>45</sub> + Н + ЗУ + С + П <sub>у</sub>	52,0	43,6	43,0	46,2	+ 11,2	+ 3,3
12	2,5	Н + ЗУ + С	41,6	30,6	32,7	35,0	-	-
Sx, %			2,0	2,1	2,0			
НСР <sub>0,95</sub> , ц/га			2,8	2,4	2,5			

Примечание: В этой и последующих таблицах приняты обозначения МЭ - микроэлементы. Н - навоз. ЗУ - зеленое удобрение. С – солома, У – умеренное применение. П - пестициды

Изменение урожайности озимой пшеницы в зависимости от уровня применения средств химизации не было контрастным. Это связано с тем, что размещение этой культуры в плодосменном севообороте после узколистного люпина позволяет создать фон питания, позволяющий получать достаточно высокую урожайность. Она в условиях нашего опыта на биологической технологии в среднем за 3 года достигала 35-37 ц/га зерна. За годы проведения опытов во всех вариантах с использованием минеральных удобрений и пестицидов получены достоверные прибавки урожайности зерна в сравнении с биологической технологией. Они были достаточно существенными и колебались при норме высева 5,0 млн. от 7,9 до 12,0 ц/га, при 3,75 млн. - от 8,5 до 8,8 ц/га и при норме высева 2,5 млн. всхожих семян на 1 га - от 11,2 до 12,6 ц/га зерна. На вариантах с биологической технологией сбор зерна с 1 га был ниже, чем с внесением средств химизации и колебался от 35,0 до 37,0 ц/га, но значительно выше, чем средняя урожайность по Брянской области (примерно в 2 раза). Следовательно, переход на биологические технологии в производственных условиях не даст снижения валовых сборов зерна. Снижение норм высева озимой пшеницы с 5,0 до 2,5 млн. всхожих семян на 1 га не ведет к заметному снижению урожайности. Даже в некоторых вариантах на фоне с умеренными нормами удобрений и пестицидов наблюдается достоверная прибавка 3,3 ц/га. В других вариантах отклонения урожайности в ту или другую сторону несущественны. В целом следует констатировать, что озимую пшеницу Московская 70 при размещении в плодосменном севообороте после узколистного люпина следует возделывать на фоне невысокого уровня применения минеральных удобрений и пестицидов с нормой высева 2,5 млн. всхожих семян на 1 га.

Изменения в урожайности зерна озимой ржи Пурга в сравнении с озимой пшеницей носили несколько иной характер по годам и технологиям возделывания. Урожайность озимой ржи несколько выше за годы исследований и реакция ее на технологические приемы более значительная (табл. 5). Наибольшая урожайность зерна озимой ржи 58,5 ц/га отмечена в 3 году исследований в варианте с интенсивным применением средств химизации по фону последствия навоза, а самая низкая 27,8 ц/га - в варианте с биологической технологией и сниженной на 50 % нормой высева во 2 году испытаний. Влияние минеральных удобрений и пестицидов на урожайность зерна озимой ржи Пурга во все годы исследований проявилось достаточно сильно. В вариантах с нормой высева 6,0 млн. всхожих семян на 1 га прибавки урожайности зерна составили 9,4-19,2 ц/га, при норме высева 4,5 млн. - 7,5-17,4 и при норме высева 3,0 млн. - 11,3-21,0 ц/га. Это дает основание считать, что выращивание озимой ржи Пурга при умеренных нормах использования только азотных удобрений в принципе возможно. Полевые эксперименты также показали, что является возможным снижение норм высева озимой ржи Пурга на 25 и даже 50 % по сравнению с рекомендуемыми для Центрального региона. Отклонения по нормам высева колеблются в диапазоне от 1,9 до 0,1 ц/га. Однако такое уменьшение норм высева возможно при выращивании озимой ржи в хозяйствах высокой культуры земледелия.

Таблица 5 - Урожайность зерна озимой ржи Пурга при возделывании по технологиям с разной степенью насыщенности средствами химизации

№ п/п	Нормы высева, млн. всхожих семян на 1 га	Варианты систем удобрений и защиты растений	Урожайность, ц/га				Среднее за четыре года	Отклонения, + или -	
			I <sup>й</sup>	II <sup>й</sup>	III <sup>й</sup>	IV <sup>й</sup>		по фонам	по нормам
1	6,0	(NPK) <sub>130</sub> + N <sub>45</sub> + МЭ + ЗУ + С + П	50,5	54,0	53,5	50,3	52,1	+ 19,2	-
2	6,0	(NPK) <sub>70</sub> + N <sub>45</sub> + МЭ + Н + П	53,9	46,8	58,5	44,6	51,0	+18,1	-
3	6,0	N <sub>45</sub> + МЭ + Н + ЗУ + С + П <sub>у</sub>	47,9	41,4	35,8	44,2	42,3	+ 9,4	-
4	6,0	Н + З У + С	29,0	38,4	33,5	30,6	32,9	-	-
5	4,5	(NPK) <sub>130</sub> + N <sub>45</sub> + МЭ + ЗУ + С + П	49,9	50,4	51,2	49,8	50,3	+ 17,4	-1,8
6	4,5	( NPK) <sub>70</sub> + N <sub>45</sub> + МЭ + Н + П	50,1	50,7	51,7	45,5	49,5	+ 16,6	-0,5
7	4,5	N <sub>45</sub> + МЭ + Н + ЗУ + С + П <sub>у</sub>	44,5	42,7	31,6	42,6	40,4	+ 7,5	-1,9
8	4,5	Н + ЗУ+С	29,7	39,2	30,0	32,5	32,9	-	0,0
9	3,0	(NPK) <sub>130</sub> + N <sub>45</sub> + МЭ + ЗУ + С + П	52,7	53,2	54,8	47,5	52,1	+ 21,0	0,0
10	3,0	( NPK) <sub>70</sub> + N <sub>45</sub> + МЭ + Н + П	48,6	50,0	57,3	42,6	49,6	+ 18,5	-1,4
11	3,0	N <sub>45</sub> + МЭ + Н + ЗУ + С + П <sub>у</sub>	46,0	40,1	42,3	41,0	42,4	+ 11,3	+ 0,1
12	3,0	Н + ЗУ + С	27,8	34,6	33,5	28,3	31,1	-	-1,8
S <sub>x</sub> , %			1,8	<b>1,9</b>	1,5	2,1			
НСР <sub>0,95</sub> , ц/га			2,3	2,5	1,9	2,5			

Технологии возделывания озимой ржи с интенсивным применением средств химизации обеспечивают урожайность 49,5-52,1 ц/га. Снижение норм минеральных удобрений и снятие с применения ряда химических средств защиты вызывает уменьшение сборов зерна с 1 га на 14-17 %. На биологических технологиях урожайность озимой ржи составляет 31,1-32,9 ц/га, то есть несколько ниже, чем у озимой пшеницы Московская 70. Это обстоятельство является подтверждением положения высокой интенсивности сорта озимой ржи Пурга.

Следовательно, при выращивании озимой ржи в плодосменных севооборотах на серых лесных почвах юго-западной части Центрального региона Нечерноземной зоны России (Брянская область) необходимо дифференцированное применение технологий. В хозяйствах с высокой культурой земледелия для получения экологически чистой продукции можно использовать технологии с ограниченным применением средств химизации и даже полным их исключением. Снижение норм высева озимой ржи возможно до 25-50 %. Однако при этом еще необходима оценка зерна по качественным показателям.

Анализируя данные по урожайности ячменя, сорта Прима Белоруссии в полевом эксперименте на серой лесной почве при размещении в плодосменном севообороте после кукурузы на силос можно констатировать, что она во все годы выполнения исследований была ниже, чем у озимой пшеницы и озимой ржи (табл. 6). Разница в урожайности в относительных величинах в вариантах с интенсивным использованием средств химизации 18-26 %, а на биологической технологии -14-17 %.

Прежде всего, обращает на себя внимание то обстоятельство, что урожайность зерна ячменя была сильно подвержена колебаниям по годам. Наибольшая урожайность была достигнута во влажный и теплый вегетационный период второго года исследований. В отдельных вариантах опыта она приближалась к 45 ц/га зерна. В первом году в связи с недостатком влаги в отдельные периоды роста и развития, низкой относительной влажностью воздуха сбор зерна с 1 га падал до уровня 28-35 ц/га. Это вполне объяснимо, так как связано с биологией культуры.

Изменение урожайности ячменя в зависимости от применения минеральных удобрений и пестицидов не было таким контрастным, как у озимой пшеницы и озимой ржи. Это определилось тем, что размещение ячменя в плодосменном севообороте после кукурузы, хорошо удобренной органическими удобрениями (навоз 50 т/га, зеленое удобрение 10-15 т/га и солома 5-7 т/га), позволяет создать за счет последствия: фон питания, достаточный по уровню для получения высокой урожайности. Она в условиях наших исследований составляет 29,8-30,2 ц/га зерна, что выше, чем в условиях производства в 2,0-2,5 раза.

Характер влияния средств химизации по годам заметно различался, на второй год исследований во всех вариантах опыта с использованием минеральных удобрений и пестицидов получены достоверные прибавки урожайности ячменя по сравнению с биологической технологией.

Таблица 6 - Урожайность зерна ячменя Прима Белоруссии при возделывании по технологиям с разным уровнем применения средств химизации

№ п/п	Нормы высева, млн. всхожих семян на 1 га	Варианты систем удобрений и защиты растений	Урожайность, ц/га по годам исследования			Среднее за три года	Отклонения, + или -	
			I <sup>й</sup>	II <sup>й</sup>	III <sup>й</sup>		по фонам	по нормам
1	5,0	(NPK) <sub>112</sub> + 3У + С + П	35,8	35,6	38,6	36,6	6,4	-
2	5,0	(NPK) <sub>97</sub> + Н+ П	34,4	33,8	36,7	34,9	4,7	-
3	5,0	(NPK) <sub>69(y)</sub> +Н+ 3У + С + П <sub>y</sub>	34,0	32,5	35,4	33,9	3,7	-
4	5,0	Н + 3У + С	30,9	28,3	31,5	30,2	-	-
5	3,75	(NPK) <sub>112</sub> + 3У + С + П	36,4	33,2	40,1	36,5	5,7	-0,1
6	3,75	(NPK) <sub>97</sub> + Н+ П	36,5	32,5	42,2	37,1	6,3	+ 2,2
7	3,75	(NPK) <sub>69(y)</sub> +Н+ 3У + С + П <sub>y</sub>	36,9	33,6	39,5	36,6	5,8	+ 2,3
8	3,75	Н + 3У + С	31,5	28,7	32,2	30,8	-	+0,6
9	2,5	(NPK) <sub>112</sub> + 3У + С + П	33,3	34,6	37,3	35,1	5,3	-1,5
10	2,5	(NPK) <sub>97</sub> + Н+ П	33,1	34,2	38,5	35,3	5,5	+ 0,4
11	2,5	(NPK) <sub>69(y)</sub> +Н+ 3У + С + П <sub>y</sub>	32,4	30,6	34,3	32,4	2,6	-1,5
12	2,5	Н + 3У + С	28,8	29,6	31,1	29,8	-	-0,4
S <sub>x</sub> , %			2,4	2,3	1,7			
НСР <sub>0,95</sub> , ц/га			2,8	2,2	1,8			

Они были значительны и колебались при норме высева 5,0 млн. от 3,9 до 7,1 ц/га, при 3,75 млн. - от 7,3 до 10,0 ц/га и при 2,5 млн. всхожих семян на 1 га - от 3,2 до 7,4 ц/га зерна. Существенно менялась картина в другие годы в связи с различными метеорологическими условиями - по ряду вариантов прибавки урожайности не были достоверными.

Если сравнивать данные по урожайности зерна в среднем за 3 года, то видно, что уменьшение норм высева с 5,0 до 2,5 млн. всхожих семян на 1 га не дает достоверного ее снижения. Разброс отклонений колеблется от 0,4 до 2,7 ц/га. Лишь на фоне с умеренным использованием средств химизации имелось достоверное снижение при норме высева 2,5 млн. всхожих семян на 1 га. При той же норме высева и внесении минеральных удобрений, пестицидов в рекомендованных нормах получен рост урожайности ячменя на 4,7 ц/га.

В целом следует констатировать, что ячмень Прима Белоруссии показал себя в наших исследованиях как сорт в большей степени экстенсивного характера. Его можно, если не учитывать качественных показателей, выращивать на фоне с ограниченным применением средств химизации и с нормами высева 2,5-3,75 млн. всхожих семян на 1 га. Однако последнее возможно лишь в хозяйствах с высокой культурой земледелия.

Представляется интересным анализ данных по относительной урожайности озимой пшеницы, озимой ржи и ярового ячменя (табл. 7).

Таблица 7 - Сравнительная урожайность озимой пшеницы, озимой ржи и ярового ячменя при возделывании в плодосменном севообороте, ц/га

№ п/п	Варианты технологий	Урожайность					
		озимая пшеница Московская 70		озимая рожь Пурга		яровой ячмень Прима Белоруссии	
		ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
1	НРК+МЭ+ЗУ+С+П	44,9	100	52,6	117	36,6	82
2	НРК+МЭ+Н+П	47,0	100	50,0	106	34,9	74
3	НРК <sub>y</sub> +МЭ+Н+ЗУ+С+П <sub>y</sub>	42,9	100	40,5	94	33,9	79
4	Н+ЗУ+С	35,0	100	34,1	97	30,2	86
5	НРК+МЭ+ЗУ+С+П	45,5	100	51,7	114	36,5	80
6	НРК+МЭ+Н+П	45,8	100	49,3	108	37,1	81
7	НРК <sub>y</sub> +МЭ+Н+ЗУ+С+П <sub>y</sub>	45,5	100	39,0	86	36,6	80
8	Н+ЗУ+С	37,0	100	31,7	85	30,8	83
9	НРК+МЭ+ЗУ+С+П	45,0	100	51,8	115	35,1	78
10	НРК+МЭ+Н+П	47,6	100	50,1	105	35,3	74
11	НРК <sub>y</sub> +МЭ+Н+ЗУ+С+П <sub>y</sub>	46,2	100	41,5	90	32,4	70
12	Н+ЗУ+С	35,0	100	32,1	92	29,8	85

За 100 % была принята урожайность озимой пшеницы. Если сравнивать этот показатель с данными по озимой пшеницы, то видно, что она в вариантах с интенсивным использованием средств химизации существенно превышает пшеницу (5-17 %), а на биологической технологии - уступает (3-15 %). Яровой ячмень по всем вариантам уступает озимой пшенице и озимой ржи. Разброс данных здесь значительный - от 14-17 % в вариантах без средств химизации и до 18-30 % - в вариантах интенсивного их применения. В целом следует констатировать, что технологии возделывания ячменя (12 вариантов) в опыте малоэффективны. Их необходимо совершенствовать, разрабатывая новые варианты ячменя [11, с. 24; 12, с. 23; 13, с. 695; 14; 15, с. 205].

### **Заключение.**

Урожайность зерна озимой пшеницы Московская 70, озимой ржи Пурга и ярового ячменя Прима Белоруссии по биологическому потенциалу продуктивности для юго-запада центрального региона России соответственно составляет 47,4, 45,3 и 52,9 ц/га. Уровень реализации БКП при интенсификации систем удобрений и защиты растений возрастает с 74 до 99,1 % по озимой пшенице, с 73 до 115 % - по озимой ржи и с 57 до 69 % - по ячменю. Изменение урожайности ячменя в зависимости от применения минеральных удобрений и пестицидов не было таким контрастным, как у озимой пшеницы и озимой ржи. Это определилось тем, что размещение ячменя в плодосменном севообороте после кукурузы, хорошо удобренной органическими удобрениями (навоз 50 т/га, зеленое удобрение 10-15 т/га и солома 5-7 т/га), позволяет создать за счет последействия: фон питания, достаточный по уровню для получения высокой урожайности. Если сравнивать данные по урожайности зерна в среднем за 3 года, то видно, что уменьшение норм высева с 5,0 до 2,5 млн. всхожих семян на 1 га не дает достоверного ее снижения. Разброс отклонений колеблется от 0,4 до 2,7 ц/га. Лишь на фоне с умеренным использованием средств химизации имелось достоверное снижение при норме высева 2,5 млн. всхожих семян на 1 га. При той же норме высева и внесении минеральных удобрений, пестицидов в рекомендованных нормах получен рост урожайности ячменя на 4,7 ц/га. Однако последнее возможно лишь в хозяйствах с высокой культурой земледелия.

### **Библиографический список**

1. Биологизация земледелия - важнейшее направление ресурсосбережения в АПК России / В.Е. Ториков, Н.А. Соколов, В.В. Ториков, А.А. Осипов // Биологизация и продовольственная безопасность - векторы развития современного АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2019. С. 107-124.
2. Озимые зерновые культуры на юго-западе России: учеб. пособие / В.Е. Ториков, И.Н. Белоус, С.А. Бельченко и др. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019.
3. Брянская область - регион с интенсивно развивающимся АПК / Н.М. Белоус, С.А. Бельченко, В.Е. Ториков и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 1 (89). С. 3-11.
4. Агрэкологические основы ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур в Брянской области / В.Ф. Мальцев, В.Н. Наумкин, В.Е. Ториков и др. Брянск, 1999. 165 с.

5. Принципы ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в условиях Юго-Запада Центрального региона России / О.В. Мельникова, В.Е. Торилов, В.И. Репникова, Д.М. Мельников // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 2 (90). С. 3-8.

6. Мамеев В.В., Торилов В.Е., Петрова С.Н. Продуктивность озимой пшеницы при ранневесенней подкормке различными марками азотных и комплексных удобрений в условиях Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 4 (92). С. 3-10.

7. Влияние норм высева семян, удобрений и сортов на урожайность и качество зерна пшеницы // Биологизация земледелия юго- запада России: сб. науч. тр. / В.Ф. Мальцев, В.Е. Торилов, В.П. Лямцев и др. Брянск. 2000. С. 117-129.

8. Каюмов М.К. Биологический потенциал продуктивности и приемы рационального его использования. М.: ВСХИЗО, 1991. 63 с.

9. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур: справочник. М.: Росагропромиздат, 1989. 367 с.

10. Каюмов М.К. Программирование урожая. М.: Московский рабочий, 1981. 160 с.

11. Конова А.М. Агрохимическая и агроэкологическая эффективность применения средств химизации на озимой ржи и ячмене в условиях Нечерноземной зоны России: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2000. 24 с.

12. Эффективность сочетаний и доз органических и минеральных удобрений на озимых / Г.Е. Мерзлая, Г.А. Зыбкина, Т.П. Фомкина, А.М. Бузько // Агрохимический вестник. 1999. № 5. С. 22-24.

13. Урожайность и качество зерна сортов ярового ячменя на юго-западе центрального региона России / О.В. Мельникова, В.М. Никифоров, Е.В. Жемердей и др. // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XV междунар. науч. конф. Брянск, 2018. С. 694-699.

14. Агротехнологии, урожайность и качество зерна озимой пшеницы на юго-западе Центрального региона России / В.Е. Торилов, Е.В. Просянных, С.А. Бельченко и др. Брянск, 2017.

15. Урожайность зерна сортов озимой пшеницы в условиях Брянской области / О.В. Мельникова, В.Е. Торилов, Г.Е. Дорных, В.И. Репникова // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XIX междунар. науч. конф., Брянск, 14–18 марта 2022 года. Ч. IV. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. С. 200-206.

16. Соколов Н.А., Дьяченко О.В., Бабьяк М.А. Тенденции биологизации земледелия Брянской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 65-73.

17. Природные ресурсы растениеводства западной части европейской России / Белоус Н.М., Малявко Г.П., Мамеев В.В., Просянных Е.В., Торилов В.Е. Коллективная монография: в двух частях / Том Часть 1 Современное состояние. Брянск, 2020.

18. Просянных Е.В., Малявко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области // Агрохимический вестник. 2021. № 6. С. 45-49.

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ГОМЕОСТАЗА  
ЕСТЕСТВЕННЫХ И СЕЯНЫХ ЛУГОВ В НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ РФ**  
*Biological bases of maintaining homeostasis of natural and sown meadows in the  
Non-black Soil Zone of the Russian Federation*

<sup>2</sup>Анищенко Л. Н., д. с.-х. н., профессор, *eco\_egf@mail.ru*

<sup>1</sup>Шаповалов В.Ф., д. с.-х. наук, профессор,

<sup>1</sup>Поцепай С. Н., к. с.-х. н., доцент,

<sup>1</sup>Ториков В.Е., д. с.-х. наук, профессор,

*Anishchenko L.N., Shapovalov V.F., Potsepai S.N.,  
Torikov V.E.*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Брянский ГУ имени академика И.Г. Петровского

<sup>1</sup>*Bryansk State Agrarian University*

<sup>2</sup>*Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky*

**Аннотация.** Обобщения по биолого-агрохимическим особенностям поддержания гомеостаза лугов различного происхождения показали необходимость различных подходов к регуляции поддерживающих процессов. Сеяные луга лучше конструировать с применением многолетних культур, особенно злаковых – рыхло- и плотнодерновинных, а также бобовых растений. На естественных лугах перспективно применение аморфного диоксида кремния в наноструктурах для улучшения агрохимических показателей почв, следовательно, и повышения продуктивности лугов.

**Abstract.** *Generalizations on the biological and agrochemical features of maintaining homeostasis of meadows of various origins have shown the need for different approaches to the regulation of supporting processes. It is better to design sown meadows with the use of perennial crops, especially cereal grasses - loose and tussock, as well as leguminous plants. In natural meadows, the use of amorphous silicon dioxide in nanostructures is promising to improve the agrochemical parameters of soils, and, consequently, increase the productivity of meadows.*

**Ключевые слова:** луга, луговые почвы, секвестрация углерода, химическая мелиорация, Нечерноземье РФ.

**Keywords:** *meadows, meadow soils, carbon sequestration, chemical reclamation, Non-black Soil Zone of the Russian Federation.*

**Введение.** Естественные и сеяные луга в староосвоенном регионе Нечерноземья РФ – основа развития животноводства как источник натурального полноценного корма. Основные массивы заливных лугов расположены в долинах рек Десна, Ипуть. Однако освоение и дальнейшая эксплуатация в производстве луговых сообществ одно из важных условий развития племенного животновод-

ства благодаря поставке сбалансированного корма, увеличения продуктивности поголовья скота и повышения коэффициента биоконверсии при отгонном животноводстве [15, 16]. Изучение, выявление и интенсивное использование лугов в поймах других рек Нечерноземья РФ особенно актуально в связи с реализацией планов увеличения поголовья сельскохозяйственных животных в Брянской и сопредельных областях [17, 18]. Данные по поддержанию гомеостаза луговых сообществ также могут использоваться для решения проблемы декарбонизации, помогают выявлять ряд внешних и внутренних факторов, контролирующих поглощение и фиксацию соединений углерода [22-24, 26-29]. Для увеличения углерод-поглотительной способности почв целесообразно залужать сельскохозяйственные почвы, находящиеся под паром, используя однолетние травы, в том числе и семейства бобовые. Сеяные луга лучше конструировать с применением многолетних культур, особенно злаковых – рыхло- и плотнодерновинных, а также бобовых растений.

Эколого-сельскохозяйственная информация по лугам различного типа в пределах Брянской области предоставлялась ранее с 30-х гг. XX века И.С. Виноградовым для долины р. Ипуть [1-4]. Классификация растительности лугов с выделением наиболее продуктивных угодий выполнена А.Д. Булоховым с 70-х гг. XX века по настоящее время [1, 2].

**Цель исследований.** В статье обобщены сведения об особенностях химической реабилитации интенсивно используемых пасторальных сообществ, а также о потенциале секвестрации лугов с различной степенью дигрессии и развивающихся при различных условиях биотопа.

Цель настоящей работы – представить данные по биолого-почвенным эффектам химической мелиорации для лугов различного происхождения и оценить потенциал накопления углерода в Нечерноземье РФ.

**Материалы, методы методики исследований.** В ходе маршрутных обследований территории осуществлялись стандартные геоботанические описания на пробных площадках (ПП) в 100 м<sup>2</sup> описания флоры проводились в соответствии со стандартными требованиями [25]. Обработка выполненных описаний проводилась с учётом правил эколого-флористической классификации по методике Ж. Браун-Бланке [25]. Урожайность травостоя лугов определяли укосным методом на площадках в 1 м<sup>2</sup> в трёхкратной повторности в третью декаду июня, по среднему результаты вычисляли продуктивность.

Название типа давали согласно рекомендациям А.Д. Булохова по диагностическим видам синтаксонов – единиц эколого-флористической классификации растительности [1, 2]. Типы кормовых угодий трансформировали в более крупные типологические единицы согласно методическим указаниям, выполненным на основе классификации Л.Г. Раменского сотрудниками ВНИИ им. В.Р. Вильямса [12, 19]. На основе химического анализа образцов сена оценивали качество корма на лугах естественного происхождения [13].

Для исследования был заложен многолетний эксперимент с естественными (Брянский, Жуковский район Брянской области), сеяными лугами (Стародубский район Брянской области). Данные по результатам химической мелиорации сеяных луговых сообществ представлялись ранее, по результатам было

рекомендовано внесение химического мелиоранта в средней концентрации, отмечено повышение содержания витамина С в биомассе травостоя, биомассы корней, определяющих содержание и поступление  $C_{\text{орг}}$ , увеличение процесса азотфиксации [17, 18].

Заложенные экспериментальные модели лугов использовали и для выяснения запасов органического вещества почвы, содержания активной части  $C_{\text{орг}}$ , а также ферментативной активности [20]. Доминанты сеяных лугов клевера красного, чины и овса посевного, клевера красного и овсяницы луговой, клевера красного и тимофеевки луговой, клевера розового (гибридного), овсяницы луговой, тимофеевки луговой. Серию площадок с лисохвостом луговым не использовали. Возраст многолетнего луга – 2- 4 года, чины и овса – однолетник. Характеристика почв: аллювиальные дерново-оглеенные супесчаные, рН 4,9-5,4,  $P_2O_5$  – 585-620 мг/кг.

В естественных лугах эксперимент осуществляли на распространённых типах лугов, интенсивно используемых под сенокос и пастбища. Это болотно-мятликово-лугово-лисохвостовый тип с сообществами ассоциации *Poo palustris–Alopecuretum pratensis* Shelyag-Sosonko et al. 1987, в котором преобладает мятлик болотный, формирующий сообщества на влажных и хорошо увлажняемых участках, со слоистыми, слоисто-зернистыми почвами. Другой распространённый тип лугов – с сообществом *Phleum pratense*, в котором регистрируются как доминирующие тимофеевка и овсяница луговая, обильно представлено разнотравье, однако число видов мотыльковых снижено; формируются в средних условиях увлажнения. Третий тип луговых сообществ формируется как остепнённые и мелкозлаковые – келериево-красноовсяничный тип, с сообществами лугов *Poo-Festucetum pratensis* Sapegin 1986 и *Poo angustifoliae–Agrostietum vinealis* Sapegin et al 2009; условия увлажнения неблагоприятные, с обильным разнотравьем, малой видовой насыщенностью, одной из наименьших продуктивностью.

В экспериментах выяснялось влияние травостоя на ферментативную активность и показатели  $C_{\text{орг}}$ , одновременно исследовалось и воздействие величины выпадения осадков за вегетационный период. Применялся и химический мелиорант – аморфный диоксид кремния (АДК) торговой марки Ковелос (производится НПО «Экокремний»), действие которого благоприятно сказывается на связывании токсикантов, в том числе и радионуклидов, скорости обменных процессов в биомассе травостоя, повышении микробной биомассы. АДК представлен в виде порошка с нанопористой структурой и активными адсорбционными свойствами. Этот химический мелиорант содержит кремний в наиболее доступной растениям и микроорганизмам форме, что подтверждено рядом исследований [10, 11, 30].

Опыт заложен на посевных делянках размерами 50 м<sup>2</sup>, учётная делянка площадью 20 м<sup>2</sup> в соответствии с рекомендациями «Методикой опытов на сенокосах и пастбищах». Почвенные образцы методом конверта изымались для исследований в первой декаде июля и четвёртой декаде августа, следуя рекомендациям ГОСТа [5, 6]. В первой декаде августа с площадки в 1 м<sup>2</sup> изымали всю корневую массу растений. Изыскания проводили в четырёхкратной по-

вторности. АДК вносился в виде подкормки полной дозой в один приём, как и фосфорные (суперфосфат простой гранулированный) и калийные (хлористый калий) удобрения –  $P_{40}K_{60}$ . Под бобово-злаковые сеяные луга не вносили азотные удобрения. В естественных лугах на пробных площадках вносили АДК методом распыления в виде подкормки также в один приём, в весенний период при начале вегетации.

Содержание  $C_{орг}$  выявляли по методу Тюрина; подвижные гуминовые вещества экстрагировали 0,1 М раствором  $Na_4P_2O_7$  при разведении 1:15 ( $C_{лаб}$ ). Подвижное  $C_{орг}$  извлекали 0,1 н раствором гидроксида натрия, определяя содержание углерода по методу Тюрина [20].

При исследовании уреазной активности почвы использовали фотометрический метод, измеряя количества аммиака, образующегося при гидролизе мочевины под каталитической активности уреазы. Измерение каталазной активности осуществлялось перманганатометрическим методом Джонсона и Темпле [20, 21].

Определение целлюлозолитической активности почвы производили аппликационным методом. В ходе эксперимента нами использовалась фильтровальная бумага (квадраты размером 5x5 см). Навески почвы массой 50 г, предварительно освобожденные от растительных остатков, помещали в стерильные чашки Петри, затем субстрат располагали в чашки, придавливали почвой. Почву смачивали до 65 % полной влагоёмкости. Чашки Петри выдерживались 30 суток при постоянной температуре 27-28 °С, стерильной дистиллированной водой доводя влажность до первоначального уровня.

Ферментативную активность почвы, а также активность целлюлозоразрушающих бактерий оценивали согласно шкалам, предложенным Д.Г. Звягинцевым (1991) [8].

Агроэкологические исследования сопровождались инструментальными работами. Выяснение миграционных процессов радионуклидов (РаН) в почвах и травостое лугов при внесении мелиоранта также осуществлялось на пробных площадках.

Удельная активность (УАк, Бк/кг) радионуклида  $^{137}Cs$  в образцах устанавливалась с использованием гамма-спектрометрического комплекса «УСК Гамма Плюс» со сцинтилляционным детектором с программным обеспечением «Прогресс 2000» по стандартным методикам [14]. Отбирали почвенные пробы для радиометрического анализа на ППр площадью 10 м<sup>2</sup>, грунт с глубины 0-10 см и биомассы луговых растений с соблюдением основных требований по ГОСТу [5, 6]. Биодоступность РаН в системе «почва–растение» определяли расчётными коэффициентами: перехода (Кп) и накопления (Кн). Кп устанавливали как отношение УА фитомассы (Бк/кг) к плотности загрязнения почвы (ПЗП, кБк/м<sup>2</sup>), Кн – как отношение УА фитомассы (Бк/кг) к УА почвы в Бк/кг [9]. Характеристика пробных площадок следующая. Серия пробных площадок (СПП 1) в Новозыбковском районе: МЭД=95,72±9,57-97,63±9,76 мкР/ч, контроль; серия пробных площадок (СПП 2) в Жуковском районе: МЭД=18,24±1,22-27,12±1,51 мкР/ч; серия пробных площадок (СПП 3) в Брянском районе Брянской области: МЭД=14,2±1,31-16,8±1,38 мкР/ч, контроль.

Проводилась статистическая обработка данных стандартными методами [7].

**Результаты исследований.** Результаты определения органических веществ и ферментативной активности для Нечерноземья РФ тесно связаны с сопутствующими факторами – внешними и внутренними биотическими (таблицы 1, 2). За двухлетний период наблюдений количество  $C_{орг}$  изменялось в ряду: чина + овёс > клевер розовый + овсяница + тимофеевка > клевер красный > клевер красный + тимофеевка > клевер красный + овсяница > болотно-мятликово-лугово-лисохвостовый > разнотравно лугово-тимофеевковый > келериево-красноовсяницевый > контроль. Наименьшее содержание  $C_{орг}$  зафиксировано в почве естественных лугов, однако различия с контролем и модельными экспериментами недостоверны. По отношению к контролю наблюдалась закономерность по возрастанию количества органического вещества. На вариантах опыта с сеянными лугами при включении в травосмесь растений семейства Мотыльковых возрастали значения  $C_{орг}$ .

Таблица 1 – Содержание и запасы органического углерода в почвах сеяных и естественных лугов в Нечерноземье РФ

Вариант исследований	$C_{орг}$ , % $M \pm m$	Запасы $C_{орг}$ , т/га, $M \pm m$	$C_{лаб}$ мг/100 г почвы, % от $C_{орг}$ почвы $M \pm m$
1 клевер красный	2,25±0,04	57,17±2,8	780 / 45,2
2 клевер красный + овсяница	2,23±0,04	53,65±2,6	760 / 41,8
3 клевер красный + тимофеевка	2,24±0,05	54,84±2,9	760 / 41,3
4 клевер розовый + овсяница + тимофеевка	2,27±0,04	57,97±2,8	775 / 44,6
5 чина + овёс	2,31±0,05	58,90±2,8	790 / 48,5
6 болотно-мятликово-лугово-лисохвостовый	2,17±0,02	49,92±2,4	755 / 39,0
7 разнотравно луговотимофеевковый	2,17±0,02	49,87±2,3	750 / 40,2
8 келериево-красноовсяницевый тип	2,11±0,04	48,34±1,8	750 / 40,8
9 контроль	1,92±0,03	46,15±2,1	

Так как в вариантах эксперимента с бобовыми и злаковыми растениями зафиксирована наибольшая биомасса корней, то накопление органического углерода зависит, прежде всего, от этого внутреннего фактора. Также увеличение определяемых органических веществ обусловлено и активизацией процессов их трансформации бактериальным компонентом, в том числе и обогащение почвы азотом, что неоднократно отмечалось ранее [7, 9, 10].

При применении АДК как химического мелиоранта впервые получены данные по содержанию  $C_{орг}$  (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание и запасы органического углерода в почвах сеяных и естественных лугов в условиях химической мелиорации в течение двухлетних наблюдений

Вариант исследований	$C_{орг}, \%$ $M \pm m$	Запасы $C_{орг}$ , т/га $M \pm m$	$C_{лаб}$ мг/100 г почвы, % от $C_{орг}$ почвы $M \pm m$
1 клевер красный	2,33±0,04	58,11±2,9	790 / 47,9
2 клевер красный + овсяница	2,36±0,07	59,61±3,2	770 / 45,2
3 клевер красный + тимopheевка	2,35±0,05	57,64±3,2	775 / 44,8
4 клевер розовый + овсяница + тимopheевка	2,38±0,05	59,62±3,2	780 / 47,3
5 чина + овёс	2,36±0,06	61,26±3,1	810 / 50,2
6 болотно-мятликово-лугово-лисохвостовый	2,40±0,07	54,67±2,9	785 / 43,4
7 разнотравно луговотимopheевковый	2,36±0,05	54,57±2,9	780 / 44,1
8 келериево-красноовсяницевый тип	2,44±0,06	53,92±2,7	790 / 43,1

Установлено, что за четырёхлетний период внесения мелиоранта на 3 и 4 год внесения химического мелиоранта возросли значения  $C_{орг}$  в почвах, залуженных естественной и сеяной растительностью. Различия в фиксации  $C_{орг}$  недостоверно различаются с вариантами без внесения нанокремния, однако значительно возрастают запасы  $C_{орг}$ . Ряд по накоплению  $C_{орг}$  в результате многолетнего применения химического мелиоранта следующий: чина + овёс > клевер розовый + овсяница + тимopheевка (клевер красный + овсяница) > клевер красный > клевер красный + тимopheевка > болотно-мятликово-лугово-лисохвостовый (разнотравно луговотимopheевковый) > келериево-красноовсяницевый. Наибольшая биомасса корней зарегистрирована в почве под вариантами: клевер розовый + овсяница + тимopheевка, клевер красный + овсяница, а также под естественными луговыми угодьями, так как они сложены кистекорневыми и корневищными многолетними растениями. Наблюдается положительная сильная корреляционная связь между показателями органического углерода и биомассой корней ( $R=0,74$ ), наиболее значительная для сообществ с залужением клевер розовый + овсяница + тимopheевка ( $R^2=0,78$ ), клевер красный + овсяница ( $R^2=0,75$ ). При внесении АДК стимулируется возрастание корневой массы, а также деятельность микроорганизмов, что, видимо, и обусловило вышеприведённые результаты. Однако, по сравнению с сеяными лугами, наибольшее накопление  $C_{орг}$  определено для естественных луговых сообществ, даже с сухими почвами на гривах суходолов.

Вероятно, показатели запасов и лабильных веществ были бы больше за двухгодичный интервал исследования, однако длительный засушливый период 2021 года, вероятно, воздействуя лимитирующее на микробиоту почв, а также на продукцию надземной и подземной биомассы растений лугов разного происхождения, снизил цифры запаса  $C_{орг}$ . Установлена положительная сильная корреляци-

онная связь с органическим углеродом и среднемесячными количествами осадков в июне, июле и августе ( $R^2=0,65$   $R=0,72$   $R^2=0,71$  соответственно).

Ферментативная активность – один из важных показателей скорости биохимических процессов, фермент уреазы играет важнейшую роль в превращениях азотсодержащих соединений, каталаза – фермент, по активности которого судят о насыщенности слоёв почвы микроорганизмы при катализе реакции разложения пероксида водорода как продукта их жизнедеятельности. Накопление органического углерода почвой и показатели ферментативной активности связаны в единый процесс углеродного цикла. Показатели ферментативной активности приведены в таблице 3 и характеризуют почвы как средние по наличию катализаторов белковой природы.

Таблица 3 – Активность ферментов почв сеяных и естественных лугов Нечерноземья РФ

Вариант исследований	АУ, мг N-NH <sup>+</sup> <sub>4</sub> на 100 г почвы, М±m	Катал., см <sup>3</sup> O <sub>2</sub> на 1 г почвы за 1 мин, М±m	Скорость разложения бумаги, % сутки, М±m
1 клевер красный	<u>17,10±0,09*</u> 22,15±0,10	<u>8,4±0,09</u> 8,8±0,09	<u>1,20</u> 1,22
2 клевер красный + овсяница	<u>16,88±0,08</u> 21,15±0,10	<u>8,5±0,09</u> 8,9±0,09	<u>1,19</u> 1,23
3 клевер красный + тимopheевка	<u>16,43±0,08</u> 20,22±0,11	<u>7,6±0,09</u> 9,1±0,07	<u>1,28</u> 1,30
4 клевер розовый + овсяница + тимopheевка	<u>15,91±0,09</u> 21,82±0,10	<u>8,2±0,09</u> 8,9±0,08	<u>1,30</u> 1,36
5 чина + овёс	<u>17,14±0,09</u> 22,42±0,11	<u>7,6±0,09</u> 8,5±0,08	<u>1,22</u> 1,28
6 болотно-мятликово-лугово-лисохвостовый	<u>15,14±0,08</u> 23,93±0,10	<u>8,2±0,09</u> 9,2±0,09	<u>1,12</u> 1,27
7 разнотравно луговотимopheевковый	<u>15,86±0,09</u> 23,97±0,12	<u>8,7±0,09</u> 9,4±0,08	<u>1,17</u> 1,30
8 келериево-красноовсянищевый тип	<u>15,59±0,09</u> 22,11±0,10	<u>8,3±0,09</u> 9,0±0,09	<u>1,15</u> 1,28

Примечание. \* В числителе приведены значения активности ферментов и цеоллюлозоразрушающей микробиоты до применения мелиорантов, в знаменателе – средние значения за четырёхлетний период применения химического мелиоранта.

При внесении АДК также как и в экспериментах по накоплению C<sub>орг</sub> наблюдается возрастание количества уреазы и каталазы, что свидетельствует об активизации деятельности микроорганизмов. Наибольшие значения ферментативной активности при химической мелиорации выявлены для почв естественных лугов. Хорошие результаты показаны для посевов клевера и злаковых культур; а фермента уреазы – для однолетних культур – чины и овса. Связь процессов накопления C<sub>орг</sub> и уреазы положительная сильная ( $R^2=0,69$ ), C<sub>орг</sub> и каталазы положительная сильная ( $R^2=0,72$ ).

Процесс разложения клетчатки, осуществляемый микроорганизмами, одним из важнейших показателей плодородия почвы, определяющим уровень ее биогенности. Клетчатка – один из главных компонентов органического вещества, поэтому скорость её разложения влияет на скорость разложения органики в почве в целом. Исследуемые почвы характеризуются средней активностью целлюлазы. Кроме того, на активность почвенной микрофлоры, определяющей интенсивность разложения целлюлозы, оказывают влияние такие факторы, как количество и состав поступающего опада, кислотность, содержание и качество гумуса почвы.

Замедленный процесс разложения целлюлозы ускоряет внесение АДК, необходимого косвенно для воспроизводства массы корней растений, наземной биомассы и опада по окончанию вегетационного периода (таблица 3). В условиях эксперимента наблюдается повышение уровня целлюлозолитической активности: выявлена положительная сильная корреляционная связь ( $R^2=0,78$ ) с содержанием  $C_{орг}$ .

Для почв суходольных лугов впервые для исследуемого региона установлена углерод-поглощительная способность, ферментативная активность для уреазы, каталазы, целлюлазы в зависимости от фитоценотического комплекса. Результаты определения органических веществ и ферментативной активности для Нечерноземья РФ тесно связаны с сопутствующими факторами – внешними и внутренними биотическими (таблица 4).

Таблица 4 – Содержание и запасы органического углерода в почвах суходольных лугов

Вариант исследований	$C_{орг}$ , % $M \pm m$	Запасы $C_{орг}$ , т/га, $M \pm m$	$C_{лаб}$ мг/100 г почвы, % от $C_{орг}$ почвы $M \pm m$
1 <i>Anthyllidi-Trifolietum montani</i>	1,25±0,04	57,17±2,8	780 / 45,2
2 <i>Agrimonio eupatoriae_Poetum angustifoliae</i>	1,63±0,04	38,65±2,6	730 / 35,8
3 <i>Koelerio delavignei-Festucetum rubrae</i>	1,30±0,06	44,84±2,9	730 / 40,3
4 <i>Anthoxantho-Agrostietum tenuis</i>	1,50±0,04	42,33±3,4	725 / 38,6
5 <i>Caro carvi-Deschampsietum</i>	1,55±0,05	43,90±2,7	720 / 37,5
6 <i>Festuco ovinae-Koelerium delavignei</i>	2,01±0,02	44,52±2,5	725 / 39,0
7 <i>Polygalo vulgaris-Anthoxanthoetum</i>	1,17±0,02	35,27±2,5	715 / 29,2
8 <i>Hieracio pilosellae-Agrostietum tenuis</i>	1,32±0,04	42,34±1,3	720 / 35,8
9 контроль	1,92±0,03	46,15±2,1	

За двухлетний период наблюдений количество  $C_{орг}$  изменялось в ряду: *Festuco ovinae-Koelerium delavignei* > контроль > *Agrimonio eupatoriae\_Poetum angustifoliae* > *Caro carvi-Deschampsietum* > *Anthoxantho-Agrostietum tenuis* > *Hi-*

*eracio pilosellae-Agrostietum tenuis* > *Koelerio delavignei-Festucetum rubrae* > *Anthyllidi-Trifolietum montani* > *Polygalo vulgaris-Anthoxanthoetum*.

Наименьшее содержание  $C_{\text{орг}}$  зафиксировано в почве суходольных лугов, однако различия с контролем недостоверны. По отношению к контролю наблюдалась закономерность по убыванию количества органического вещества.

Запасы органического углерода выше, чем в контроле зарегистрированы для овсяницево-келериевого луга, наименьшие – для лугов с истодом хохлатым и душистым колоском. Показатели увлажнения для злаковых лугов выше, чем для разнотравных, что также оказывает воздействие на запасы и содержанием  $C_{\text{орг}}$  в почве.

Показатели ферментативной активности приведены в таблице 5 и характеризуют почвы как средние по наличию катализаторов белковой природы.

Таблица 5 – Активность ферментов почв сеяных и естественных лугов

Вариант исследований	АУ, мг $N-NH_4^+$ на 100 г почвы, $M \pm m$	Катал., $cm^3 O_2$ на 1 г почвы за 1 мин, $M \pm m$	Скорость разложения бумаги, % сутки, $M \pm m$
1 <i>Anthyllidi-Trifolietum montani</i>	15,39±0,09	7,4±0,09	1,16
2 <i>Agrimonio eupatoriae_Poetum angustifoliae</i>	15,91±0,08	7,5±0,09	1,17
3 <i>Koelerio delavignei-Festucetum rubrae</i>	16,22±0,08	7,8±0,09	1,18
4 <i>Anthoxantho-Agrostietum tenuis</i>	15,91±0,09	7,9±0,09	1,21
5 <i>Caro carvi-Deschampsietum</i>	16,31±0,09	7,9±0,09	1,20
6 <i>Festuco ovinae-Koelerium delavignei</i>	16,14±0,08	8,2±0,09	1,19
7 <i>Polygalo vulgaris-Anthoxanthoetum</i>	13,86±0,09	6,7±0,09	1,12
8 <i>Hieracio pilosellae-Agrostietum tenuis</i>	14,33±0,09	5,9±0,09	1,11

За период наблюдений зарегистрировано возрастание количества уреазы и каталазы, что свидетельствует об активизации деятельности микроорганизмов, в почве под мелкозлаковыми лугами. Наибольшие значения ферментативной активности при химической мелиорации выявлены для почв ассоциаций *Caro carvi-Deschampsietum*, *Koelerio delavignei-Festucetum rubrae*, *Festuco ovinae-Koelerium delavignei*. Связь процессов накопления  $C_{\text{орг}}$  и уреазы положительная сильная ( $R^2=0,69$ ),  $C_{\text{орг}}$  и каталазы положительная сильная ( $R^2=0,72$ ).

Наблюдениями установлено повышение уровня целлюлолитической активности в почве мелкозлаковых лугов: выявлена положительная сильная корреляционная связь ( $R^2=0,72$ ) с содержанием  $C_{\text{орг}}$ .

При сравнении основных показателей накопления органического углерода, ферментативной активности почв суходольных и кратко и долгопоёмных лугов выяснено, что в почвах суходольных, мелкозлаковых лугов все показатели ниже, чем для естественных лугов с повышенным увлажнением, околонеутральной или слабощелочной реакцией среды [4].

Полученные результаты используются для решения проблемы декарбонизации, так как помогают выявлять ряд внешних и внутренних факторов, контролирующих поглощение и фиксацию соединений углерода.

Таблица 6 – Изменение почвенной микробиоты и целлюлозолитической активности в почвенных образцах лугов сообществ ассоциаций с различной радионуклидной нагрузкой в ходе мелиоративных мероприятий

Сообщества ассоциаций	До внесения препарата		3-ий год после внесения	
	*1	2	1	2
Новозыбковский район				
Асс. <i>Phalaridetum arundinaceae</i> Libbert 1931	$\frac{187,0 \times 10^7}{168,0 \times 10^4}$	65,0	$\frac{272,0 \times 10^7}{193,0 \times 10^4}$	82,8
Асс. <i>Heracleo sibirici-Alopecuretum pratensis</i> Bulokhov 1990	$\frac{198,0 \times 10^7}{162,0 \times 10^4}$	81,0	$\frac{357,0 \times 10^7}{211,0 \times 10^4}$	87,1
Асс. <i>Deschampsio-Agrostietum tenuis</i> Sill. 1933 em. Jurko 1969	$\frac{211,0 \times 10^7}{138,0 \times 10^4}$	77,0	$\frac{297,0 \times 10^7}{175,0 \times 10^4}$	91,0
Жуковский район				
Асс. <i>Phalaridetum arundinaceae</i> Libbert 1931	$\frac{198,0 \times 10^7}{146,0 \times 10^4}$	76,7	$\frac{293,0 \times 10^7}{182,0 \times 10^4}$	95,0
Асс. <i>Heracleo sibirici-Alopecuretum pratensis</i> Bulokhov 1990	$\frac{241,0 \times 10^7}{139,0 \times 10^4}$ /	83,0	$\frac{315,0 \times 10^7}{254,0 \times 10^4}$	94,0
Асс. <i>Deschampsio-Agrostietum tenuis</i> Sill. 1933 em. Jurko 1969	$\frac{265,0 \times 10^7}{159,9 \times 10^4}$	79,0	$\frac{358,4 \times 10^7}{203,2 \times 10^4}$	92,0
Брянский район				
Асс. <i>Phalaridetum arundinaceae</i> Libbert 1931	$\frac{203,9 \times 10^7}{173,0 \times 10^4}$	76,0	$\frac{282,5 \times 10^7}{217,0 \times 10^4}$	93,0
Асс. <i>Heracleo sibirici-Alopecuretum pratensis</i> Bulokhov 1990	$\frac{340,0 \times 10^7}{262,8 \times 10^4}$	78,8	$\frac{469,0 \times 10^7}{328,0 \times 10^4}$	94,0
Асс. <i>Deschampsio-Agrostietum tenuis</i> Sill. 1933 em. Jurko 1969	$\frac{381,0 \times 10^7}{257,0 \times 10^4}$	85,0	$\frac{533,0 \times 10^7}{298,0 \times 10^4}$	97,0

Примечание. 1 В числителе – численность бактерий (кл/г сухой почвы), в знаменателе – КОЕ. 2. Целлюлозоразрушающая активность микроорганизмов (в %)

Для луговых почв при интенсивном использовании пасторальных сообществ достаточно важен микробный комплекс, который оказывает непосредственное воздействие на плодородие почв и выступает важным фактором его формирования. Непосредственно коэффициент целлюлозоразрушающей активности почв может служить базой для биоиндикационной оценки состояния биокосного тела, процессов самоочищения почв, а также использоваться для контроля реабилитационных и восстановительных процессов. Микробиота луговых почв, относящаяся к различным по происхождению и функциям группе, косвенно определяет скорость миграционных процессов, в том числе и биогенную миграцию атомов третьего рода, непосредственно загрязнителей – радионуклидов. Внесение синтетического препарата оказало влияние на биологическую активность почвы и их численность (таблица 6).

Общая численность микробиоты в эксперименте и до его проведения соответствует условным нормам. После применения препарата Ковелос наиболее значительно возросло число микроорганизмов в условно фоновых луговых сообще-

ствах Брянского района: в почвах сообществ ассоциации *Heracleo sibirici-Alopecuretum pratensis* Bulokhov 1990, ассоциации *Deschampsio-Agrostietum tenuis* Sill. 1933 em. Jurko 1969. Применение мелиорирующего препарата с органическим кремнием повысило биологическую активность почвы: особенно ярко это проявляется для почв с высокой радионуклидной нагрузкой. Проведённые исследования микробиологических характеристик почвы луговых сообществ показали возможный диапазон изменения показателей микроорганизмов, что в дальнейшем позволит сравнивать изменения этих характеристик и в других сообществах, а также под влиянием различных стрессовых нагрузок. Вероятно, препарат Ковелос влиял на повышении биоактивности почв и косвенно, через стимуляцию деятельности бактерий-редуцентов, что отмечалось и ранее для кремнийсодержащих (неорганический кремний) препаратов [2, 11, 27, 28].

Для стационарных пробных площадок Новозыбковского района Брянской области зарегистрированы наибольшие показатели УАк дозообразующего радионуклида, для Брянского района – наименьшие. На лугах, различающихся условиями увлажнения, содержанием азота, кислотностью почвы, наибольшей накопительной способностью характеризуются виды сырых и увлажнённых лугов – двукисточникового типа лугов, борщевиково-луговолисохвостового, наименьшей – щучково-тонкополевичного типа со среднекислой почвой для ПП всех исследуемых районов Среднего Подесенья. Фиторяд Кп<sup>137</sup>Cs и Кн<sup>137</sup>Cs следующий: *Phalaroides arundinacea* > осоки > *Heracleum sibiricum* > *Alopecurus pratensis* > *Phleum pratense* > *Festuca pratensis* > *Agrostis tenuis* > *Deschampsia cespitosa* > *Koeleria delavignei*.

Выявлен фиторяд величины УАк <sup>137</sup>Cs по мере уменьшения: *Phalaroides arundinacea* > осоки > *Alopecurus pratensis* > *Phleum pratense* > *Festuca pratensis* > *Heracleum sibiricum* > *Agrostis tenuis* > *Deschampsia cespitosa* > *Koeleria delavignei*. Содержание дозообразующего радионуклида в биомассе доминантов травостоя лугов определяется в целом условиями биотопа (биокосного тела – почвы) и, вероятно, экологической приспособленностью видов к условиям увлажнения – гигрофитные, мезо-гигрофитные виды накапливают значительное количество РаН: наибольшая концентрация цезия зарегистрирована в биомассе двукисточника, сборной биомассы осок, лисохвоста лугового.

Реабилитационные (химико-мелиоративные мероприятия) мероприятия при внесении аморфного диоксида кремния в течение трёх лет показали следующие результаты (таблица 7).

Таблица 7 – Показатели, отражающие динамику накопительных возможностей по отношению к поллютантам компонентами луговых сообществ после мелиоративных мероприятий

Сообщества и виды-доминанты	2-ой год		3-ий год	
	Кн	Кп, $\frac{M^2}{кг*10^{-3}}$	Кн	Кп, $\frac{M^2}{кг*10^{-3}}$
<b>Новозыбковский район</b>				
Асс. <i>Phalaridetum arundinaceae</i> Libbert 1931 <i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rauschert	2,01	10,21±0,79	1,47	8,55±0,57
осоки	1,75	10,35±0,54	1,25	8,24±0,52
Асс. <i>Heracleo sibirici-Alopecuretum pratensis</i> Bulokhov 1990 <i>Heracleum sibiricum</i> L.	2,10	8,11±0,52	1,18	6,63±0,44
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	1,67	8,16±0,54	1,10	6,72±0,78
<i>Phleum pratense</i> L.	1,10	6,34±0,47	0,59	5,13±0,71
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	1,0	6,21±0,22	0,86	4,44±0,52
Асс. <i>Deschampsio-Agrostietum tenuis</i> Sill. 1933 em. Jurko 1969 <i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	0,97	5,31±0,42	0,45	4,48±0,47
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.	0,85	5,11±0,57	0,55	3,97±0,14
<i>Koeleria delavignei</i> Czern. ex Domin	0,86	3,88±0,53	0,59	2,19±0,72
<b>Жуковский район</b>				
Асс. <i>Phalaridetum arundinaceae</i> Libbert 1931 <i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rauschert	0,68	3,18±0,43	0,45	2,35±0,34
осоки	0,89	2,19±0,35	0,42	1,36±0,22
Асс. <i>Heracleo sibirici-Alopecuretum pratensis</i> Bulokhov 1990 <i>Heracleum sibiricum</i> L.	0,83	2,11±0,31	0,44	1,46±0,18
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	0,82	1,82±0,22	0,41	1,10±0,18
<i>Phleum pratense</i> L.	0,43	1,73±0,21	0,36	1,10±0,24
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	0,41	1,25±0,17	0,39	0,99±0,09
Асс. <i>Deschampsio-Agrostietum tenuis</i> Sill. 1933 em. Jurko 1969 <i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	0,60	1,37±0,42	0,46	0,97±0,08
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.	0,62	1,11±0,12	0,47	0,34±0,15
<i>Koeleria delavignei</i> Czern. ex Domin	0,61	1,10±0,24	0,42	0,57±0,14
<b>Брянский район</b>				
Асс. <i>Phalaridetum arundinaceae</i> Libbert 1931 <i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rauschert	0,91	1,02±0,14	0,75	0,57±0,14
осоки	0,85	1,10±0,30	0,60	0,56±0,08
Асс. <i>Heracleo sibirici-Alopecuretum pratensis</i> Bulokhov 1990 <i>Heracleum sibiricum</i> L.	0,67	0,79±0,20	0,36	0,49±0,09
<i>Alopecurus pratensis</i> L.	0,63	0,96±0,10	0,32	0,59±0,08
<i>Phleum pratense</i> L.	0,55	0,45±0,09	0,30	0,37±0,07

Продолжение таблицы 7

<i>Festuca pratensis</i> Huds.	0,43	0,72±0,10	0,27	0,64±0,10
Асс. <i>Deschampsio–Agrostietum tenuis</i> Sill. 1933 em. Jurko 1969 <i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	0,28	0,76±0,10	0,22	0,51±0,08
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.	0,27	0,62±0,09	0,22	0,51±0,09
<i>Koeleria delavignei</i> Czern. ex Domin	0,22	0,59±0,05	0,20	0,39±0,07

Коэффициенты накопления и коэффициенты поглощения для видов-доминантов луговых сообществ снижались, что подтверждает уменьшение скорости миграционных процессов Р<sub>аН</sub> в биомассу. Наиболее яркое уменьшение поглотительных и накопительных возможностей биомассой луговых видов зарегистрировано в условиях эксперимента на ПП Новозыбковского района для всех типов луговых сообществ, особенно для травостоя видов на двукисточниковом типе лугов ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ ). Внесение препарата кремния также уменьшало значения расчётных коэффициентов в условиях фонового режима, однако эти изменения были незначительны, особенно по истечении второго года мелиорации ( $t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$ ). Достаточно активно реагировали на внесение синтетического кремниевого препарата тимофеевка луговая, двукисточник тростниковидный.

По окончании вегетационного периода в условиях эксперимента и до его проведения выявляли агрохимические показатели почв для оценки возможности воздействия препарата на эти показатели (табл. 8).

Химическая мелиорация почв естественных лугов в сообществах трёх ассоциаций, различающихся по почвенному режиму в связи с неодинаковым видовым составом травостоя и набором доминантов, показала положительное влияние легко поглощаемого органического соединения кремния на некоторые агрохимические параметры. Фоновые (контрольные) показатели почв установлены также по фитоиндикационным шкалам Г. Элленберга и лабораторно-химическими методами (табл. 8). Почвы под сообществами различных ассоциаций характеризуются в целом, небольшим содержанием гумуса, слабокислой (*Phalaridetum arundinaceae* Libbert 1931, *Heracleo sibirici-Alopecuretum pratensis* Bulokhov 1990), среднекислой (*Deschampsio–Agrostietum tenuis* Sill. 1933 em. Jurko 1969) реакцией среды; средней обеспеченностью обменными основаниями, обменным калием. За трёхлетний период эксперимента общие показатели содержания гумуса практически не изменились (незначительно выросли). Внесение мелиоранта благотворно сказалась на величине обменной кислотности, суммы обменных оснований, содержания подвижных форм Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>. Особенно значительно выросли значения этих показателей после третьего года экспонирования на пробных площадках в сообществах со среднекислой реакцией среды, низкой увлажнённостью субстрата и содержанием почвенного азота (по шкалам Г. Элленберга) – сообществах ассоциации *Deschampsio–Agrostietum tenuis* Sill. 1933 em. Jurko 1969. Таким образом внесение кремнийсодержащего мелиоранта (с органическими формами элемента) рекомендовано для рекультивации естественных лугов и восстановления, в сочетании с другими приёмами, коррекции агрохимических свойств почв. Вероятно, динамика изменений

свойств почвенно-поглощающего комплекса будет наиболее значительна при увеличении дозы вносимого препарата. Возрастание урожайности травостоя в проведённых ранее экспериментах подтверждается снижением кислотности почв, увеличением содержания подвижных форм ведущих биогенных элементов [22-24, 26-29].

Таблица 8 – Изменение агрохимических показателей луговых почв при химической мелиорации в условиях эксперимента для среднего Подесенья

Показатели	Н			Ж			Б		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Перед внесением препарата (контроль, фон)									
Гумус (по Тюрину), %	2,45	2,11	1,97	2,57	2,20	1,88	2,59	2,15	1,91
Обменная кислотность, рН <sub>КСІ</sub>	6,11	5,57	4,67	6,20	5,48	4,55	6,32	5,67	4,62
Сумма обменных оснований, мг-экв/100г	21,65	20,31	19,68	22,18	20,97	19,38	22,86	20,43	19,14
Подвижный Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> (по Кирсанову), мг/кг почвы	110,5	104,6	100,1	115,8	105,2	100,9	117,1	105,9	101,3
Подвижный К <sub>2</sub> О (по Кирсанову), мг/кг почвы	90	82	75	93	80	71	99	82	72
Второй год после внесения препарата									
Гумус, %	2,53	2,15	2,10	2,59	2,28	1,99	2,61	2,22	1,95
Обменная кислотность, рН <sub>КСІ</sub>	6,40	5,81	4,90	6,44	5,91	4,92	6,41	5,82	4,93
Сумма обменных оснований, мг-экв/100г	21,80	20,44	19,72	22,24	20,99	19,95	22,93	20,50	19,58
Подвижный Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> , мг/кг почвы	114,8	109,9	105,9	116,2	109,7	108,1	119,9	110,3	106,2
Подвижный К <sub>2</sub> О, мг/кг почвы	91	83	76	94	81	71	98	83	73
Третий год после внесения препарата									
Гумус, %	2,54	2,17	2,11	2,58	2,31	2,10	2,68	2,27	2,11
Обменная кислотность, рН <sub>КСІ</sub>	6,72	5,98	5,21	6,69	6,11	5,28	6,80	5,95	5,21
Сумма обменных оснований, мг-экв/100г	21,89	20,52	19,79	22,31	21,53	20,47	23,26	21,26	20,10
Подвижный Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> , мг/кг почвы	133,5	127,1	111,5	129,9	131,5	118,8	135,1	130,9	117,9
Подвижный К <sub>2</sub> О, мг/кг почвы	94	90	79	98	89	75	104	91	80

Примечание. \* Сообщества ассоциаций: 1 *Phalaridetum arundinaceae* Libbert 1931; 2 *Heracleo sibirici-Alopecuretum pratensis* Bulokhov 1990; 3 *Deschampsio-Agrostietum tenuis* Sill. 1933 em. Jurko 1969.

**Заключение.** Полученные результаты используются для решения проблемы декарбонизации, так как помогают выявлять ряд внешних и внутренних фак-

торов, контролирующих поглощение и фиксацию соединений углерода [22-24]. Для увеличения углерод-поглотительной способности почв целесообразно залужать сельскохозяйственные почвы, находящиеся под паром, используя однолетние травы, в том числе и семейства бобовые. Сеяные луга лучше конструировать с применением многолетних культур, особенно злаковых – рыхло- и плотнодерновинных, а также бобовых растений. Накопление органического углерода на староосвоенных территориях дополнит разрабатываемые информационные системы ГИС по его запасам и пространственному распределению для решения проблем изменения климата и обеспечения продовольственной безопасности.

При химической мелиорации с использованием нанопрепарата Ковелос выявлено повышение значений всех изученных показателей, статистически недостоверное. Внесение АДК находит особенно хороший отклик по естественным травостоям лугов и почв. Однако отмечается взаимосвязь между показателями Сорг и биомассой корней травостоя, сложенного видами рода клевер и многолетними травами, также и среднемесячным количеством осадков в летний период. Ферментативная активность почв лугов определяет биохимический цикл углерода, повышается при химической мелиорации и находится в прямой положительной зависимости от запасов Сорг. Главное качество синтетического препарата – снижение скорости миграционных процессов РаН в биомассу и аккумуляции ТМ травостоем: внесение Ковелоса уменьшало значения Кн и Кп. Перспективно применение аморфного диоксида кремния в наноструктурах и для улучшения агрохимических показателей почв, следовательно, и повышения продуктивности лугов.

### Библиографический список

1. Булохов А.Д. Травяная растительность Юго-Западного Нечерноземья России. Брянск: Изд-во БГУ, 2001. 296 с.
2. Булохов А.Д. Типология лугов Брянской области. Брянск: РИО БГУ, 2009. 219 с.
3. Виноградов И.С. Растительность заливных лугов реки Ипать в пределах Западной области // Тр. Новозыбковского пед. ин-та. 1932. Вып. 1. С. 7-72.
4. Виноградов И.С. Растительные ассоциации заливных лугов Восточного Полесья (по наблюдениям в поймах рек Ипать и Десны) // Уч. зап. Северо-Осетинского пед. ин-та. 1941. Т. 2, № 2. С. 3-40.
5. ГОСТ 17.4.4.02-84. Методы отбора и подготовки проб для химического, /бактериологического, гельминтологического анализа [Электронный ресурс] // Справ.-правовая система «КонсультантПлюс». – Режим пользования: URL: <http://www.consultant.ru>.
6. ГОСТ 17.4.3.01-83. Почвы. Общие требования к отбору проб [Электронный ресурс] // Справ.-правовая система «КонсультантПлюс». – Режим пользования: URL: <http://www.consultant.ru>.
7. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. 296 с.
8. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

9. Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / В.А. Ипатьев, В.Ф. Багинский, И.М. Булавик и др. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 1999. 396 с.
10. Матыченков В.В., Бочарникова Е.А., Кособрюхов А.А. О подвижных формах кремния в растениях // Докл. РАН. 2008. № 418 (2). С. 279-281.
11. Матыченков И.В. Взаимное влияние кремниевых, фосфорных и азотных удобрений в системе: почва-растение: дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 2014. 136 с.
12. Методические указания по классификации сенокосов и пастбищ равнинной территории Европейской части СССР. М.: ВНИИ кормов, 1987. 148 с.
13. Сычёв В.Г., Лепёшкин В.В. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. М.: ЦИНАО, 2002. 72 с.
14. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс». Менделеево: ГНМЦ «ВНИИФТРИ», 2003. 30 с.
15. Панфёров Н.В. Луговое хозяйство в поймах рек Центрального района Нечерноземья. Рязань: Русское слово, 2008. 344 с.
16. Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области / под ред. Н.Г. Рыбальского, Е.Д. Самотесова, А.Г. Митюкова. М.: НИА: Природа, 2007. 1144 с.
17. Поцепай С.Н., Анищенко Л.Н., Бельченко С.А. Состояние естественных лугов бассейна Десны Нечерноземье РФ как основа их рационального использования // Вестник Курской ГСХА. 2018. № 5. С. 35-41.
18. Поцепай С.Н., Бельченко С.А., Анищенко Л.Н. Продуктивность и эколого-химические характеристики сеяных лугов Подесенья в фоновых условиях (Брянской области) // Вестник Ульяновской ГСХА. 2019. № 1. С. 39-44.
19. Раменский Л.Г. Учение о типах природной кормовой площади // Сенокосы и пастбища. М.: Сельхозгиз, 1941. С. 49-95.
20. Практикум по агрохимии / Н.А. Серета, В.М. Валеев, Р.И. Баязитова, А.А. Алибаев. Уфа: Башкирский ГАУ, 2004. С. 115.
21. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 250 с.
22. Чернова О.В., Рыжова И.М., Подвезенная М.А. Оценка запасов органического углерода лесных почв в региональном масштабе // Почвоведение. 2020. № 3. С. 340- 350.
23. Запасы органического углерода в почвах России / Д.Г. Щепашенко, Л.В. Мухортова, А.З. Швиденко, Э.Ф. Ведрова // Почвоведение. 2013. № 2. С. 123-132.
24. Шпаков А.С. Средообразующая роль многолетних трав в Нечерноземной зоне // Кормопроизводство. 2014. № 9. С. 12-17.
25. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. 3. Aufl. Wien, N.-Y., 1964. 865 S.
26. Adatia M.H., Besford R.T. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution // Ann.Bot. 1986. Vol. 58. P. 343-351.

27. A pedotransfer function to map soil bulk density from limited data / L. Rodriguez-Lado, M. Rial, T. Taboada, A. Cortizas // *Procedia Environmental Sciences*. 2015. V. 27. P. 45–48.
28. Gougoulas C., Clark J.M., Shaw L.J. The role of soil microbes in the global carbon cycle: tracking the below-ground microbial processing of plant-derived carbon for manipulating carbon dynamics in agricultural systems // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014. № 94. P. 2362-2371.
29. Predicting soil bulk density for incomplete databases / H. Sequeira Cleiton, A. Wills Skye, A. Seybold Cathy, T. West Larry // *Papers in Natural Resources*. 2014. P. 397. <http://digitalcommons.unl.edu/natrespapers/397>.
30. Yoshida S. The physiology of silicon in rice // *Food Fert. Tech. Centr. Bull.* 1975. № 25. P. 35-39.

УДК 633.2.03 (470.323)

## РОЛЬ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ЕСТЕСТВЕННЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ В КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

*The Role Of Vegetation And Natural Forage Lands In The Kursk Region*

<sup>1</sup>Долгополова Н.В., доктор с.-х. наук, профессор

<sup>1</sup>Батраченко Е.А. канд. с.-х. наук, доцент

<sup>2</sup>Козлова Г.В., канд. пед. наук, доцент

*Dolgopolova N.V., Batrachenko E.A., Kozlova G.V.*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Курская государственная сельскохозяйственная академия

*Kursk State Agricultural Academy*

<sup>2</sup>Курский государственный университет

*Kursk State University*

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований о роли растительности и естественных кормовых угодий в Курской области. Установлено, что из разнотравья постоянны в травостое частуха подорожниковая, кипрей болотный, лютик едкий и ползучий, перец водяной, лапчатка гусиная, череда трехраздельная и ряд других видов. В зависимости от видового состава травостоя и хозяйственного состояния естественных кормовых угодий низкого уровня продуктивность их сильно варьирует и может достигать 35-40 ц/га сухой массы с гектара. Ввиду невысокого кормового достоинства большинства видов разнотравья и осок качество корма можно считать удовлетворительным. Большие массивы пойменных лугов в настоящее время распаханы. Беспорядочная распашка и несвоевременное закрепление этих участков многолетними травами ведет к смыву верхнего почвенного слоя и к заилению пойменных лугов и русел рек.

**Abstract.** *The article presents the results of research on the role of vegetation and natural forage lands in the Kursk region. It has been established that plantain chastula, wild cypress, acrid and creeping buttercup, water pepper, goose's foot, a*

*series of three-part and a number of other species are constant in the herbage. Depending on the species composition of the herbage and the economic condition of natural forage lands of low level, their productivity varies greatly and can reach 35-40 kg/ha of dry weight per hectare. Due to the low feed dignity of most types of grasses and sedges, the feed quality can be considered satisfactory. Large tracts of floodplain meadows are currently being plowed. Disorderly plowing and untimely fixing of these areas with perennial grasses leads to the flushing of the upper soil layer and to siltation of floodplain meadows and riverbeds.*

**Ключевые слова:** естественные кормовые угодья, продуктивность травостоя, видовой состав трав, урожайность травостоя.

**Keywords:** *natural forage lands, productivity of herbage, species composition of grasses, yield of herbage.*

Важнейшим источником дешевых кормов являются естественные кормовые угодья. Создание прочной кормовой базы для животноводства тесно связано с продуктивностью сенокосов и пастбищ. Чтобы обоснованно планировать и осуществлять мероприятия по улучшению сенокосов и пастбищ, организовать рациональное их использование, необходимо детальное изучение природных и хозяйственных особенностей этих угодий. Знание культур технического состояния лугов, их ботанического видового состава травостоя, хозяйственной характеристики позволит со значительно большей эффективностью проводить мероприятия по их улучшению. В связи с большим разнообразием рельефа, почвенного покрова и растительности на территории области выделяются следующие типы кормовых угодий: а) равнинные лугово-степные на черноземовидных почвах; б) равнинные лугово-степные на песчаных и супесчаных почвах, над луговых террас; в) низинные и западинные на серых лесных и лугово-черноземных почвах водоразделов; г) пойменные луговые на аллювиальных почвах; д) болотистые на минеральных и торфянистых болотных почвах. Среди равнинных кормовых угодий широко распространены сенокосы и пастбища, приуроченные к смытым почвам склонов. В северо-западной части области характерными почвами являются серые лесные в разной степени смытые, а для центральной и юго-восточной – черноземные почвы. Формирование серых лесных почв на склонах балок происходит в условиях постоянного непрекращающегося процесса смыва и размыва этих площадей текучей водой [1]. Как правило, почвы малоструктурные. Характерным для них является укороченность профиля, мощность гумусового горизонта колеблется в пределах 0–20 см. Плодородие почв невелико ввиду постоянного процесса вымывания питательных веществ [2,3,4]. Степень смыва в различных местах выражена неодинаково. Как правило, процессу эрозии больше подвержены южные склоны, где иногда почвенные образования смыты совсем и на поверхность выходят почвообразующие породы. Северные склоны, даже очень крутые, оказываются смытыми незначительно. Устойчивость против смыва объясняется хорошей задернованностью верхнего слоя почвы [5,6].

О степени пораженности естественных кормовых угодий на склонах глубинной эрозией можно судить по прилагаемой таблице.

Таблица 1 - Интенсивность поражения кормовых угодий на склонах глубинной эрозией

Группа овражных земель	Интенсивность поражения	Расстояние между размывами в м	Площадь в %
0	Непораженных Слабо-		57
I	пораженных Среднепо-	300	12
II	раженных	100-300	9
III	Сильно пораженных	100	22

Из данных таблицы 1 следует, что почти пятая часть склоновых угодий в сильной степени поражена процессами глубинной эрозии.

В северо-западной зоне с покровом серых лесных почв склоны в основном хорошо задернованы. Проективное покрытие травостоя нередко достигает 95%. В экологофитоценологическом отношении основную группу растений составляют луговые, а по отношению к влаге явно господствуют мезофитные растения. По строению подземных органов большинство видов (~55%) представлены стержневыми растениями, корневищных отмечено 23%.

Большие площади на склонах, в основном, теневой экспозиции, занимают полевицево-разнотравные пастбища. По экологическим условиям они характеризуются достаточной влагообеспеченностью, довольно богатыми почвами и умеренным влиянием выпаса [7, 8, 9]. Травостой довольно насыщенный по видовому составу, причем отмечены растения различной экологической амплитуды. Среди злаков преобладает длительно вегетирующий многолетник-полевица Сырейщикова. В малых количествах отмечены овсяница луговая, трясунка средняя, тимофеевка луговая, ежа сборная. По мере продвижения на юг и юго-восток области постоянным компонентом к полевице становится мятлик узколистный. В северо-западных районах он приурочен исключительно к солнечным склонам и в большинстве случаев доминирует. В этих же условиях с увеличением сухости климата на крутых склонах с иссушенными почвами [10, 11], распространен плотно-кустовый злак – типчак. Группа бобовых довольно многочисленна, но наибольшего обилия (до 45%) она достигает на серых лесных почвах, где широко распространены клевер ползучий и клевер луговой, люцерна хмелевидная. С продвижением к югу и на восток количество бобовых заметно уменьшается и наряду с клеверами присутствуют менее требовательные к влаге люцерна желтая, донник желтый, вязель пестроцветный, астрагалы.

Наиболее широко представлено число видов разнотравья. Однако их основу составляют длительно вегетирующие розеточные и полурозеточные формы. На склонах с серыми лесными почвами в качестве господствующих видов выделяются тысячелистник обыкновенный, подмаренник мягкий, цикорий обыкновенный, подорожник средний, кульбаба осенняя, одуванчик лекарствен-

ный, манжетка и некоторые другие. По мере продвижения на юго-восток разнотравье приобретает более сухолюбивый характер. В составе его лапчатка серебристая, подорожник ланцетолистный, полынок, полынь ве-ничная, пупавка красивая, чабрец, очиток едкий, икотник серо-зеленый.

Естественные кормовые угодья на склонах используются преимущественно пастбищами. Очень интенсивное их использование с ранней весны ведет к большому иссушению почвы за счет увеличения испарения с поверхности. Это способствует развитию ксерофитной растительности, состоящей в основном из плохоедаемого разнотравья. В связи с этим интенсивный выпас обеспечивает формирование на разных экотипах весьма сходного травостоя.

В конечном итоге совокупность неблагоприятных условий и выпаданию ценных видов трав, к разрастанию более выносливого разнотравья. Не целесообразная организация пастбы быстро приводит к обеднению растительности, к потере производительности кормовых угодий. Уменьшение корневищных злаков идет за счет массового развития подорожника узколистного, полынки, спорыша, икотника серо-зеленого.

В культурно-техническом отношении склоновые пастбища в большинстве своем чистые. Лишь на небольших массивах отмечено наличие кротовых кочек, склонах балок, примыкающих к населенным пунктам, наблюдается в большом количестве образование троп. Продуктивность склоновых пастбищ варьирует в зависимости от экспозиций, крутизны уклона и ботанического состава травостоя [12, 13, 14, 15]. Урожайность одного га пастбищ с различным растительным покровом приведена в таблице 2.

Данные таблицы показывают, что урожайность пастбищ теневых экспозиций несколько выше, чем солнечных. На перетравленных пастбищах основная масса корма состоит из плохо поедаемого или вредного разнотравья. Увеличение продуктивности кормовых угодий на склонах связано с деятельностью человека [16, 17]. Растительность пастбищ тем будет культурнее, чем меньше на них бесполезных и вредных растений, чем меньше на них влияние стихийных и случайных факторов, чем большую они имеют продуктивность и высокую кормовую питательность.

Для проведения мероприятий по улучшению естественных кормовых угодий на склонах, для определения их объема необходимо знание структуры склонов по величине уклона. Нами выделено естественных-кормовых угодий на склонах с уклоном до  $6^{\circ}$ –2,1%, от  $7^{\circ}$  до  $10^{\circ}$ – 9%, от  $11^{\circ}$  до  $15^{\circ}$  – 31,1%, от  $16^{\circ}$  до  $20^{\circ}$ –29,6% и с уклоном более  $20^{\circ}$ –28%. Склоновые угодья с уклоном до  $6^{\circ}$  обычно распространены среди усадеб или между промоинами в местах, неудобных для обработки; уклоны в  $7$ – $10^{\circ}$  чаще отмечаются в небольших балках, расположенных среди пашни.

Таблица 2 - Продуктивность склоновых пастбищ различными экологическими условиями

	Экспозиция	Растительна/ группировка	ц/га	Ботанический состав в %		
				злаки	бобовые	разнотравье
1.	Западная	Полевицево-разнотравная	9,8	43,5	2,3	54,2
2.	Северо-западная	Полевицево-разнотравная	13,3	51,9	0,6	47,5
3.	Юго-западная	Мятликово-разнотравная	7,3	64,9	2,2	32,9
4.	Северо-восточная	Полевицево-разнотравная	9,7	50,1	1,2	48,7
5.	Юго-восточная	Мятликово-разнотравная	5,1	40,9	3,7	55,4
6.	Южная	Разнотравно-мятликовая	8,6	17,1	0,5	82,4
7.	Северо-западная	Клеверно-мятликовая	25,6	40,2	48,0	11,8
8.	Северная	Полевицево-разнотравная	12,8	64,3	10,1	25,6
9.	Восточная	Типчаково-разнотравная	7,0	42,4	1,7	55,9
10	Западная	Полевицево-разнотравная с клевером	15,6	45,5	6,5	48,0

Наиболее обычная крутизна склонов от 11 до 15° и от 16 до 20°, несколько меньше отмечено склонов крутизной более двадцати градусов. Как видно из приведенных данных, основу составляют покатые и крутые склоны.

По области очень развиты процессы эрозии, поэтому улучшение склоновых сенокосов и пастбищ должно проводиться в комплексе с противоэрозионными мероприятиями.

Сухие и влажные луга на песчаных и супесчаных почвах надлуговых террас. Основные площади надлуговых террас расположены в поймах рек Сейм, Псел, Свапа и Усожа. Рельеф обычно волнистый, переход в террасу различный: от плавного до резкого. Различия в рельефе способствуют изменениям в водном режиме, почвенном и растительном покрове. Нередко луга, надпойменной террасы распространены на серых лесных супесчаных и песчаных почвах в разной степени оподзоленных. На небольших участках отмечены дерновые оподзоленные почвы и слабозадернованные пески.

Значительные колебания в период вегетации растений влажности почвы и беспорядочный усиленный выпас скота способствуют развитию растений со стержневой корневой системой. Им принадлежит более 50% видового состава. Второе место по распространению занимают корневищные растения (32%). В количестве 2–5% отмечены рыхлокустовые и дерновые виды растений. В своем большинстве пастбища надлуговых террас распространены на серых лесных

супесчаных почвах. Почвообразующей породой этих почв является речной песок. Мощность гумусового горизонта незначительная – 22–24 см. Соотношение физического песка к глине равно примерно 9:1. Почвы при таком соотношении почвенных частиц характеризуются сильной водопроницаемостью и малой влагоемкостью. По содержанию гумуса серые лесные супесчаные почвы относятся к слабогумусным. Содержание подвижного фосфора и калия ничтожно малое. На этих почвах с низким содержанием питательных веществ травостой пастбищ никогда не бывает сомкнутым.

Растительный покров надлуговых террас чаще представлен злаково-разнотравными группировками с проективным покрытием 45–75%. Среди злаков преобладают полевица Сырейщикова, мятлик узколистый, типчак. В малых количествах отмечены мятлик луковичный, костер мягкий. Из бобовых в травостое постоянны лядвенец рогатый, клевер луговой, люцерна хмелевидная. На участках с господством полевицы и мятлика узколистого из разнотравья отмечены в постоянной встречаемости тысячелистник обыкновенный, ястребинка волосистая, лапчатка серебристая, подорожник ланцетолистный. Вредные и ядовитые растения представлены полынями, чертополохом курчавым, щавелем обыкновенным, хвощом полевым, очитком едким. С увеличением пастбищной нагрузки происходит деградация травостоя. Вместо корневищных злаков на пастбищах сухолугового увлажнения увеличивается количество ястребинки волосистой, икотника серо-зеленого, полыней, подорожника ланцетолистного, а на более влажных участках обильны одуванчик лекарственный, кульбаба осенняя и ряд других растений.

Урожайность полевицево - разнотравных пастбищ на серых лесных средне оподзоленных супесчаных почвах составила 5,9 ц/га сухой массы. По данным ботанического анализа злаки составили 49,3%, разнотравье – 48,5 и бобовые – 2,2%. В условиях надпойменных террас на значительных площадях встречаются пастбища на слабозадерненных песках. Растительный покров на них отличается изреженностью, низкорослостью, сравнительно небольшим видовым составом. Из злаков чаще доминируют мятлик узколистый, а среди бобовых – лядвенец рогатый. Группа разнотравья немногочисленна, но в травостое постоянны полынь австрийская, ястребинка волосистая, грыжник голый, икотник серо-зеленый, тмин песчаный. Пастбища с песчаными почвами малоустойчивы к выпасу. Дернина на них при беспорядочном выпасе быстро разбивается животными, что ведет к образованию сбойных модификаций с господством грубого непоедаемого разнотравья.

На влажных участках надлуговых террас в небольшом количестве отмечены белоусово-разнотравные пастбища на (дерновых оподзоленных почвах. Проективное покрытие растительного покрова достигает 75%, влияние выпаса умеренное. Доминантой травостоя является белоус торчащий – плотнокустовое низкорослое растение. Судя по хорошо сохранившимся дерновинам, белоус крупным рогатым скотом и почти не поедается. В количестве 7–12% постоянна в растительном покрове полевица тонкая. Бобовых на белоусовых пастбищах немного, они представлены чаще клевером белым и лядвенцем ро-

гатым. Разнотравье состоит в основном из кульбабы осенней, одуванчика лекарственного, манжетки обыкновенной, зубчатки осенней, лапчатки гусиной.

Кормовые угодья надлуговых террас располагаются на почвах, бедных питательными веществами, травостой зачастую изрежен и обладает низкой кормовой питательностью. Поэтому правильное использование подобных земель имеет первостепенное значение. Низинные и западинные луга водоразделов на серых лесных и лугово-болотных почвах.

Низинные и западинные луга водоразделов на территории области распространены незначительно (около одного %) и отмечены в виде небольших понижений среди пашни с различной степенью водообеспеченности. В связи с этим выделены влажные луга на серых лесных и лугово-черноземных почвах и сырые, приуроченные к минеральным болотистым почвам. По отношению к влаге выделяются несколько групп растений, но основное место занимают мезофитные. По строению подземных органов преимущество принадлежит корневищным растениям (45%) и растения со стержневой корневой системой (37%).

Проективное покрытие травостоя обычно высокое – до 90%, влияние пастбищной дегрессии умеренное. В связи со специфическим расположением на местности участки зачастую выкашиваются, реже используются пастбищами. К неглубоким западинам с серыми лесными и лугово-черноземными почвами приурочены влажные злаково-разнотравные с клеверами луга. Основное положение в растительном покрове среди злаков занимает полевица тонкая – длительно вегетирующий многолетник.

Постоянно встречаются полевица белая, мятлик луговой, щучка дернистая. Последняя иногда доминирует. В небольших количествах отмечены рыхлокустовые овсяница луговая, тимофеевка луговая.

Бобовых в травостое несколько видов, но чаще господствует клевер луговой. Участие клевера белого, лядвенца рогатого, люцерны хмелевидной хотя и частое, но обычно в небольших количествах. Из разнотравья обильны тысячелистник обыкновенный, кульбаба осенняя, одуванчик лекарственный; подорожник большой, лапчатка гусиная. Среди вредных растений выделяются полынь обыкновенная, осот полевой, чертополох курчавый, подмаренник настоящий, а также щавель густой и обыкновенный.

Урожайность одного гектара описанных лугов была определена в 17,2 ц сухой массы. По результатам ботанического анализа состояло на 61,9% из злаков, бобовых было 12%, разнотравья – 26,1 %.

В заметных понижениях при избыточном и грунтовом увлажнении сформировались лугово-болотные почвы водоразделов. Характерным для растительности лугов на этих почвах является уменьшение вплоть до исчезновения бобовых, увеличение роли влаголюбивых растений и осок. Широко распространены полевицеворазнотравные травостои с доминированием полевицы собачьей. В меньших количествах отмечены полевица тонкая и побегообразующая, щучка дернистая, редко бекмания обыкновенная. Разнотравья больше, чем злаков по видовому составу, но среди них наиболее обильны череда трехраздельная, перец водяной, лютик ползучий, лапчатка гусиная, хвощ болотный. В малых количествах и при непостоянной встречаемости отмечены, рогоз широ-

колистный, таволга вязолистная, частуха подорожниковая. Наряду с указанным разнотравьем и злаками могут господствовать в травостое осоки. Чаще эту роль выполняют осока обыкновенная и дернистая. Нередко участки низин и западин водоразделов в зависимости от степени увлажнения закустарены порослью дуба, березы бородавчатой, ольхи черной.

Хозяйственное значение низинных и западных лугов и водоразделов невелико, т.к. использование их затруднено малыми размерами, неудобным расположением среди пашни и нередко избыточным увлажнением.

Пойменные луга на аллювиальных почвах. Основные площади естественных сенокосов и пастбищ на аллювиальных почвах сосредоточены в поймах рек Сейма, Свапы, Пела, Реута, Суджи и ряда других более мелких речек и ручьев. Сведение лесов, вовлечение в пашню склоновых земель, интенсивный беспорядочный выпас способствуют быстрому развитию эрозионных процессов и отложению различной мощности наносов в поймах рек и по днищам балок. Поэтому современные почвы пойм несут следы как аллювиальных, так и делювиальных процессов. Большое разнообразие пойменных лугов тесно связано с расположением их на рельефе, почвами, степенью увлажнения, с влиянием хозяйственной деятельности человека.

Флористический состав сенокосов и пастбищ характеризуют более двухсот видов растений. Пойменные луга на аллювиальных почвах очень разнообразны также и по культуртехническому состоянию. По нашим данным, около десяти процентов площадей в разной степени закустарены, почти восемь процентов закустарены, средне и сильнообитых отмечено около двух с половиной процентов. В связи с указанными различиями естественные кормовые угодья делятся на луга высокого, среднего и низкого уровня. Луга высокого уровня приурочены в большинстве своем к прирусловой пойме, а также к повышенным частям центральной поймы.

Характерными почвами для них являются зернистые и зернистые оподзоленные, сформировавшиеся на наносных отложениях при периодическом затоплении полыми водами. Режим затопления и условия грунтового увлажнения таковы, что почвы, сравнительно быстро освобождаясь весной от талых вод, нормально прогреваются на протяжении всего теплого периода года. По механическому составу преобладают среди зернистых почв тяжелосуглинистые, среди зернистых оподзоленных - среднесуглинистые. В растительном покрове лугов высокого уровня чаще господствуют злаки: полевица Сырейщикова или мятлик узколистный. В малых количествах отмечены душистый колосок, овсяница луговая, костер безостый. На небольших массивах (в среднем и нижнем течении р. Сейм) встречаются участки с господством в травостое душистого колоска. Группа бобовых представлена лядвенцем рогатым, клевером луговым, люцерной хмелевидной. Из разнотравья постоянны тысячелистник обыкновенный, полынь австрийская и веничная, икотник серо-зеленый, ястребинка волосистая, лапчатка серебристая, подорожник ланцетолистный, некоторые виды чертополоха. Из ядовитых растений можно назвать звездчатку злчную, хвощ луговой, очиток едкий.

Объяснить изменение состава травостоев возможно лишь в случае, когда с оценкой условий произрастания растений будет учитываться влияние выпаса скота. В ряду пастбищной депрессии увеличивают участие розеточные и стелющиеся виды растений - подорожник средний и спорыш. Они быстро занимают место менее устойчивых к выпасу видов. Полевицево-пастбища при избыточном выпасе переходят в разнотравно-злаковые, а сильный выпас ведет к образованию растительных сообществ, с господством подорожника среднего и спорыша.

Сенокосы и пастбища высокого уровня, в основном, чистые: около одного процента отмечено слабо закороченных (покрытие кочками до 30% площади), два с половиной процента кормовых угодий слабо и среднесбитые.

Обширные площади естественных кормовых угодий объединяют луга среднего уровня (или влажные), приуроченные, в основном, к центральной части пойм больших, а также к поймам малых рек и ручьев с залеганием грунтовых вод на глубине 0,6-0,8 метра. Это - лучшие местообитания для луговых трав. Расположение на довольно богатых почвах с умеренным влиянием выпаса приводит к большому разнообразию растительности с высоким проективным покрытием, к различию в культуртехническом состоянии от степени хозяйственного использования.

В типичных случаях обеспеченно влажных лугов почвы характеризуются суглинистым и глинистым механическим составом, содержат в верхнем горизонте 9-13% гумуса при мощности гумусового горизонта 60-80 сантиметров, т. е. этим условиям отвечают зернистые оглеенные почвы, формирующиеся в понижениях центральной части поймы. Почвообразующими породами являются наносные речные отложения. Характерной особенностью почв является большая или меньшая оглеенность самых нижних почвенных слоев. Пагубное влияние оглеения сказывается только на растения с глубоко проникающей корневой системой. Чем ближе оглеение к поверхности, тем хуже водно-воздушные свойства. На ухудшение физических свойств оглеение сильнее сказывается на почвах с тяжелым механическим составом. На зернистых оглеенных почвах широко распространены полевицево-разнотравно-бобовые сенокосы и пастбища с высоким проективным покрытием. Ведущая роль в травостое принадлежит злакам, доминантой среди которых является полевица тонкая. Из других видов распространены корневищный мятлик луговой, плотно-кустовая щучка дернистая. В малых количествах отмечены, овсяница луговая и костер безостый. Среди бобовых, всегда присутствуют массово клевер белый и луговой, а также люцерна рогатый. В группе разнотравья господствуют виды, устойчивые к выпасу: обильны в травостое - кульбаба осенняя, тысячелистник обыкновенный, подорожник большой, одуванчик лекарственный. Среди видов, встречающихся гораздо в меньших количествах, можно отметить девясил британский, блошницу обыкновенную, чай луговой, горец шероховатый.

Ранневесенний выпас скота по непросохшей почве ведет к образованию кочек, что мешает более производительному использованию кормовых угодий. Кроме того, в травостое поступают изменения, ведущие к увеличению малоценных в кормовом отношении видов. Среди злаковых идет увеличение кол и

честна щучки дернистой, значение бобовых уменьшается, по возрастает роль подорожника большого, лапчатки гусиной. То есть, с ухудшением качественного состава растительного покрова заметно снижается и хозяйственная ценность пастбищ. Урожайность и емкость полевицевых пастбищ отражена в таблице.

Таблица 3 - Изменение урожайности и емкости полевицевых пастбищ под влиянием выпаса

Влияние выпаса	Слабое	Умеренное	Избыточное	Сильное
Урожайность сухой массы, ц/га		29,0	16,2	8,8
в т.ч. злаки	26,3	16,5	4,6	2,3
бобовые	1,3	4,1	1,2	0,2
осоки	3,2	0,2	0,2	-
разнотравье	5,8	8,3	10,2	6,3
Емкость в голово-днях	184	203	114	62

Как видно из таблицы, наибольшая урожайность полевицевых пастбищ отмечена при умеренном выпасе. Основу урожая составляют злаки. Избыточный и сильный выпас ведет к уменьшению урожайности за счет разрастания разнотравья и исчезновения полевицы. По этой причине емкость пастбища падает от умеренного выпаса до сильного.

В притеррасной части рек по пониженным элементам рельефа, а также по неглубоко дренируемым поймам более мелких рек и ручьев расположены луга низкого уровня с летним уровнем почвенно-грунтовых вод около 40 см. Из почв широкое распространение получают влажно-луговые и лугово-болотистые. Большое разнообразие отмечено не только в почвенном покрове, но и в растительном. По культур техническому состоянию выделяются в разной степени заочкаренные и закустаренные луга. Избыточное увлажнение угнетающе действует на развитие ценных в кормовом отношении растений и благоприятствует развитию осоковой и болотной растительности. Видовой состав травостоя довольно насыщенный. Среди осок преобладают осока обыкновенная, пузырчатая, дернистая. Злаки представлены полевицей собачьей и побегообразующей, манником водяным, щучкой дернистой.

**Заключение.** Каждый из названных видов может господствовать в растительном покрове. Из разнотравья постоянны в травостое частуха подорожниковая, кипрей болотный, лютик едкий и ползучий, перец водяной, лапчатка гусиная, череда трехраздельная и ряд других видов. В зависимости от видового состава травостоя и хозяйственного состояния естественных кормовых угодий низкого уровня продуктивность их сильно варьирует и может достигать 35-40 ц/га сухой массы с гектара. Ввиду невысокого кормового достоинства большинства видов разнотравья и осок качество корма можно считать удовлетвори-

тельными. Большие массивы пойменных лугов в настоящее время распаханы. Беспорядочная распашка и несвоевременное закрепление этих участков многолетними травами ведет к смыву верхнего почвенного слоя и к заилению пойменных лугов и русел рек.

### Библиографический список

1. Масютенко Н.П., Нагорная О.В. Состав органического вещества чернозема типичного в разных угодьях // Русский чернозем: юбилейный сб. науч. работ. Воронеж, 2007. С. 96-102.
2. Состояние земель центрального Черноземья и основные направления их реабилитации / А.И. Стифеев, О.В. Никитина, К.Н. Кемов и др. // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: материалы IV междунар. науч. экол. конф. (с участием экологов Азербайджана, Армении, Беларуси, Германии, Грузии, Казахстана, Киргизии, Латвии, Ливана, Молдовы, Приднестровья, России, Словакии, Узбекистана и Украины). 2015. С. 511-517.
3. Долгополова Н.В. Факторы плодородия в биологическом земледелии лесостепи центрального Черноземья // Региональный вестник. 2016. № 2 (3). С. 27-29.5.
4. Нагорная О.В. Инвазионные виды семейства *asteraceae* во флоре города Курска // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7, № 3 (24). С. 78-82.
5. Долгополова Н.В. К вопросу о проблеме агроэкологии в агроландшафте и в биосфере // Региональный вестник. 2018. № 1 (10). С. 2.
6. Никитина О.В. Экологическое состояние чернозёма типичного и агроценозов пригородной зоны г. Курска: дис. ... канд. с.-х. наук. Курск: Курская ГСХА им. И.И. Иванова, 2009.
7. Долгополова Н.В., Широких Е.В. Изменение запаса органического вещества чернозема типичного в зависимости от вида, эродированности и местоположения угодий // Региональный вестник. 2015. № 1. С. 27-30.
8. Поддержание и сохранение почвенного плодородия в условиях органического земледелия / И.Я. Пигорев, Н.В. Беседин, И.В. Ишков, В.В. Грудинкина // Вестник Курской ГСХА. 2018 № 9. С. 7-14.
9. Долгополова Н.В., Широких Е.В. Влияние местоположения и эродированности угодий на запасы компонентов органического вещества чернозема выщелоченного // Региональный вестник. 2016. № 1 (2). С. 22-25.
10. Пигорев И.Я., Ишков И.В. Улучшение агроэкологического состояния почв как способ повышения продуктивности полевых культур // Аграрная наука - сельскому хозяйству: сб. тр. В 3 кн. Барнаул: Алтайский ГАУ, 2017. С. 236-238.
11. Роль естественных и антропогенных факторов на состояние чернозема выщелоченного в адаптивно-ландшафтном земледелии ЦЧЗ / И.Я. Пигорев, Н.В. Долгополова, Е.А. Батраченко, Е.В. Широких // Вестник Курской ГСХА. 2017. № 1. С. 2-5.
12. Стифеев А.И., Бессонова Е.А., Никитина О.В. Система рационального использования и охрана земель. СПб., 2019.

13. Долгополова Н.В. Методология проектирования обеспечения устойчивого сохранения биоразнообразия в агроландшафтах // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. Курского отделения МОО "Общество почвоведов им. В.В. Докучаева" / ред. кол.: Н.П. Масютенко, Г.М. Дериглазова, Г.П. Глазунов, отв. за вып.: Г.М. Дериглазова, Г.П. Глазунов. 2018. С. 139-140.
14. Стифеев А.И., Никитина О.В. Состояние пахотных земель центрального Черноземья и основные направления воспроизводства их плодородия // Вестник Курской ГСХА. 2022. № 2. С. 30-35.
15. Долгополова Н.В., Пигорев И.Я., Грудинкина В.В. Методология проектирования севооборотов, агрохимическая характеристика почв и оптимальная структура посевных площадей в адаптивно-ландшафтном земледелии (на примере центрального Черноземья) // Вестник Курской ГСХА. 2018. № 6. С. 71-77.
16. Нагорных А.В., Илюшкина К.А., Ишков И.В. Перспектива развития экологического земледелия // Современные проблемы почвозащитного земледелия: сб. докл. VI междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию опыта по контурно-мелиоративному земледелию ВНИИЗиЗПЭ. Курск, 2022. С. 109-114.
17. Никитина О.В., Стифеев А.И., Проскурин В.А. Проблемы биологизации земледелия в условиях центрально-чернозёмного региона // Вестник Курской ГСХА. 2021. № 5. С. 6-13.
18. Долгополова Н.В. Продукты растительного происхождения - главные носители минеральных веществ и витаминов // Аграрная наука - сельскому хозяйству: материалы Всерос. науч.-практ. конф. / отв. за вып. И.Я. Пигорев. Курск, 2009. С. 52-54.
19. Природные ресурсы растениеводства западной части европейской России / Белоус Н.М., Малявко Г.П., Мамеев В.В., Просянников Е.В., Ториков В.Е. Коллективная монография: в двух частях / Том Часть 1 Современное состояние. Брянск, 2020.
20. Просянников Е.В., Малявко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области // Агрохимический вестник. 2021. № 6. С. 45-49.

Научное издание

# **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

**Сборник научных трудов**  
*Серия «БИОЛОГИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ»*  
*Выпуск 5*

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 14.11.2023 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 7,38. Тираж 100 экз. Изд. № 7598.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ