

*На правах рукописи*

**БЛИННИК АЛЕКСЕЙ СЕРГЕЕВИЧ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ  
И УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЛЮПИНА БЕЛОГО  
В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА**

Специальность 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Брянск 2024 г.

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина».

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Наумкин Виктор Николаевич</b> доктор сельскохозяйственных наук профессор, профессор агрономического факультета ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Коконев Сергей Иванович</b> доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры растениеводства, земледелия и селекции ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет» <b>Резвякова Светлана Викторовна</b> доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агроэкологии и защиты растений ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»
<b>Ведущая организация:</b>	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

Защита состоится «29» ноября 2024 года в 10-00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.006.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный аграрный университет» по адресу: 243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а, корпус 4. E-mail: ds35200602@bgsha.com. Тел., факс: +7 (48341) 24-721.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Брянский ГАУ и на сайте организации по адресу <http://www.bgsha.com>, на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации <https://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Просим направлять письменный отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, учёному секретарю диссертационного совета.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат сельскохозяйственных  
наук, доцент

Никифоров Владимир Михайлович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** В связи со сложной экономической ситуацией в России необходимо ускоренное и устойчивое наращивание производства сельскохозяйственной продукции, повышение эффективности земледелия и растениеводства для более полного удовлетворения потребностей населения в качественных продуктах, а животных – в сбалансированных кормах, создание необходимых государственных резервов продукции. Для решения этой проблемы требуется расширение посевов зерновых бобовых культур и, прежде всего, кормового люпина, создание в конкретных условиях максимальной биологической азотфиксации, обеспечивающей эффективность производства. В современном земледелии, в связи с эскалацией рыночных отношений, проблема дефицита растительного белка в мире резко возросла, появилась потребность в поиске альтернативы сои, которая по продуктивности и содержанию белка не уступает кормовому люпину. В семенах люпина белого (*Lupinus albus L.*) содержится 37-40% белка, что превосходит другие зерновые бобовые культуры.

Люпин белый – одна из перспективных, высокопродуктивных зерновых бобовых культур, расширение производства которой является важной народнохозяйственной задачей, решение которой может сыграть значительную роль в интенсификации растениеводства и биологизации земледелия региона. Несмотря на высокие достоинства люпина белого и его большой биологический потенциал, он не получил широкого распространения в предприятиях региона.

Для получения в Центрально-Черноземном регионе высоких сборов высокопротеиновых семян люпина белого необходимы научно-обоснованные технологии его возделывания, которые для региона разработаны недостаточно полно, а для новых сортов не разработаны вовсе. В связи с этим, необходимо в региональной технологии возделывания оптимизировать применение минеральных макро- и микроудобрений для лучших сортов люпина белого, что и стало определяющим актуальность наших исследований.

**Степень разработанности.** Большой вклад в разработку и совершенствование технологии возделывания, оценку сортов и распространение посевов люпина в разных почвенно-климатических условиях внесли многие ученые и селекционеры: И.П. Такунов (1996), П.А. Агеева (2000), А.И. Артюхов (2008), Т.В. Яговенко (2008), В.А. Сергеева (2009), О.Д. Мещеряков (2012), Г.Г. Гатаулина (2013, 2014, 2021), А.А. Муравьев (2013), М.И. Лукашевич (2014), В.Н. Наумкин (2015, 2019), Т.Н. Слесарева (2015), О.Ю. Куренская (2015), В.В. Конончук (2020, 2023), С.В. Резвякова (2020), Г.Л. Яговенко (2020, 2022), С.И. Коконев (2021, 2023), С.М. Тимошенко (2021) и многие другие.

Однако, мнения авторов по данным вопросам не всегда совпадают. Использование микроудобрений нового поколения в хелатной форме, их влияние на физиологические и симбиотические особенности растений, урожайность и качество семян люпина изучены недостаточно. Применение микроудобрений «Аквамикс-Т» при обработке семян, «Аквамикс-ТВ» и

макроудобрений сернокислого калия ( $K_2SO_4$ ) и монофосфата калия ( $KH_2PO_4$ ) при листовой подкормке растений люпина изучено впервые.

**Цель и задачи исследований.** Цель работы заключается в разработке технологических приемов возделывания люпина белого на основе рационального применения минеральных удобрений, адаптивных сортов и сортообразцов, обеспечивающих высокий уровень урожайности и качества семян в условиях Центрально-Черноземного региона.

Для достижения цели предусмотрены следующие **задачи**:

– определить особенности роста и развития растений, основные закономерности фотосинтетической и симбиотической деятельности посева люпина белого в зависимости от предпосевной обработки семян и листовой подкормки растений макро- и микроудобрениями;

– установить влияние предпосевной обработки семян и листовой подкормки растений минеральными макро- и микроудобрениями на урожайность и качество семян люпина белого;

– определить лучшие по агроэкологическим показателям сорта люпина белого для использования в адаптивной технологии, а сортообразцы – для оценки в Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений;

– провести экономическую и биоэнергетическую оценку возделывания люпина белого при использовании макро- и микроудобрений, различных сортов и сортообразцов;

– обосновать и рекомендовать эффективные приемы в региональную технологию возделывания люпина белого, способствующие повышению продуктивности посева.

Изучаемые вопросы по культуре люпина являются составной частью тематического плана ФГБОУ ВО Белгородского ГАУ имени В.Я. Горина.

**Научная новизна.** Впервые на основе комплексного и многостороннего изучения выявлены и обоснованы наиболее перспективные минеральные макро- и микроудобрения нового поколения, их сочетания для предпосевной обработки семян и листовой подкормки растений люпина белого, как альтернатива традиционным минеральным удобрениям, влияние их на продукционный процесс, урожайность и биохимический состав семян, а также дана агробиологическая оценка новых сортов и сортообразцов люпина белого, способствующих формировать высокую урожайность и качество семян в регионе. Данные приемы в технологии возделывания являются основополагающими, так как обеспечивают получение более высоких и стабильных урожаев, экологически полноценной и безопасной продукции при экономической и биоэнергетической эффективности производства.

**Теоретическая и практическая значимость.** В результате проведенных многолетних исследований установлены закономерности применения макро- и микроудобрений с целью оптимизации условий минерального питания для активации роста и развития растений, увеличения урожайности и качества семян люпина белого путем предпосевной обработки

семян и листовой подкормки растений. Также определены высокопродуктивные сорта для региональной технологии возделывания, а новые, лучшие сортообразцы для генетического потенциала люпина белого, оценки в Государственной комиссии по испытанию и охране селекционных достижений с дальнейшим применением в производстве.

Основные положения научных исследований включены в лекционные курсы «Растениеводство», «Адаптивное растениеводство», «Агрохимия и агропочвоведение», «Селекция и семеноводство», «Кормопроизводство» в ФГБОУ ВО «Белгородский государственный университет имени В.Я. Горина», используются при проведении семинаров и курсов повышения квалификации специалистов агропромышленного комплекса Белгородской области.

**Методология и методы диссертационного исследования.** Методология полевого эксперимента была основана на теоретических и эмпирических методах исследований, системном подходе рассматриваемых приемов в условиях Центрально-Черноземного региона. В диссертации использованы аналитические, экспериментальные, математические, экономические и биоэнергетические методы исследований применительно к изучаемой культуре.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- особенности роста и развития, фотосинтетической и симбиотической деятельности растений при оптимизации минерального питания люпина белого;
- формирование урожая и качества семян люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений;
- целесообразность использования сортов люпина белого в региональной технологии, а лучших сортообразцов для оценки в Государственной комиссии по испытанию и охране селекционных достижений;
- результаты экономической и биоэнергетической эффективности возделывания люпина белого;
- технологические приемы для совершенствования региональной технологии возделывания люпина белого.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации представлены и доложены на заседаниях кафедры растениеводства, селекции и овощеводства агрономического факультета в 2020-2022 гг., Ученом совете агрономического факультета в 2020-2024 гг.

Производственное испытание приёмов возделывания люпина белого прошли проверку в ООО «Грайворон-Агроинвест» в Грайворонском районе Белгородской области в 2021 году и в ИП главы КФХ Драп И.И. Болховского района Орловской области в 2022 году и могут в дальнейшем использоваться в условиях Центрально-Черноземного региона.

Результаты проведенных исследований представлены на международной научно-практической конференции (Мичуринский ГАУ, 2021

г.), Всероссийской (Национальной) научно-практической онлайн - конференции (Орловский ГАУ, 2022 г.), XXVI Международной научно-практической конференции (Белгородский ГАУ, 2022 г.), Международных студенческих научных конференциях (Белгородский ГАУ, 2020, 2021, 2022, 2023 гг.), Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу среди аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России в номинации «Агрономия», категория «Аспиранты и молодые ученые» (2022 г. и 2023 г.).

**Личный вклад автора.** Совместно с научным руководителем подготовлена программа научных исследований, лично проведены полевые опыты, наблюдения, учёты и анализы, статистическая обработка, экономическая и биоэнергетическая оценка полученных результатов, разработаны рекомендации, сформулированы заключения и предложения производству. Все материалы, публикации, по данной тематике были подготовлены автором лично.

**Публикации.** По материалам исследований опубликовано в открытой печати 24 научных работ, из них 6 статей в изданиях из перечня ВАК Минобрнауки России, 2 статьи в журналах входящие в базу Scopus.

**Структура и объём работы.** Диссертация изложена на 141 странице, состоит из введения, основной части, содержащей 31 таблицу, заключения, предложения производству, списка литературы, включающего 205 источников, в том числе 8 на иностранном языке, и 3 приложений.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Агробиологическое обоснование и перспективы совершенствования технологических приёмов возделывания люпина (обзор литературы)**

Данная глава состоит из четырёх разделов и обобщает отечественные и зарубежные литературные источники о современном состоянии, проблемах и перспективах возделывания культуры люпина, его морфологических, биологических особенностях, роли сорта при возделывании, а также оптимизации минерального питания в формировании продуктивных посевов.

### **Глава 2. Место, условия и методика проведения исследований**

Исследования проводились в 2019-2023 гг. на опытном поле федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», расположенного в юго-западной части Белгородской области.

Почва опытных участков – чернозем типичный среднесиловый, тяжелосуглинистого гранулометрического состава. По агрохимическим

показателям почва содержит: органических веществ (по Тюрину) 4,74 %; легкогидролизуемого азота 126,4 мг/кг; подвижного фосфора (по Чирикову) 127,5 мг/кг; подвижного калия (по Чирикову) 127,5 мг/кг; подвижной серы 2,27 мг/кг, железа 20,3 мг/кг; цинка 0,44 мг/кг; марганца 10,1 мг/кг; кобальта 0,39 мг/кг, молибдена 0,09 мг/кг.

В годы исследований условия вегетационных периодов люпина белого приближались к средним многолетним показателям и характеризовались колебаниями температуры воздуха, суховейными явлениями и неравномерным распределением осадков. Влагообеспеченность люпина белого в течение вегетационных периодов характеризовалась недостаточным и неравномерным увлажнением, средняя величина гидротермического коэффициента (ГТК) составляла < 1,0. В целом, погодные условия вегетации позволили объективно оценить изучаемые приемы для формирования урожая семян люпина белого.

Многолетние исследования представлены следующими опытами:

Опыт 1. Влияние макро- и микроудобрений на продуктивность растений люпина белого. Объект исследований – сорт люпина белого Дега, рекомендованный для возделывания на территории ЦЧР. Предмет исследований – минеральные макро- и микроудобрения (Таблица 1).

Таблица 1 – Схема полевого опыта 1

Варианты опыта	Микрофазы внесения, ВВСН	Доза внесения
Контроль – без удобрений	–	–
ОС Аквамикс–Т – фон	00	300 г/т
ЛП Аквамикс–ТВ	51	150 г/га
ЛП K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	51	3 кг/га
ЛП КН <sub>2</sub> РО <sub>4</sub>	51	3 кг/га
Фон + ЛП Аквамикс–ТВ	00+51	300 г/т +150 г/га
Фон + ЛП K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	00+51	300 г/т +3 кг/га
Фон + ЛП КН <sub>2</sub> РО <sub>4</sub>	00+51	300 г/т +3 кг/га
ЛП Аквамикс–ТВ + ЛП K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	51	150 г/га + 3 кг/га
ЛП Аквамикс–ТВ + ЛП КН <sub>2</sub> РО <sub>4</sub>	51	150 г/га+3 кг/га
Фон + ЛП Аквамикс–ТВ + ЛП K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	00+51	300 г/т +150 г/га +3 кг/га
Фон + ЛП Аквамикс–ТВ + ЛП КН <sub>2</sub> РО <sub>4</sub>	00+51	300 г/т +150 г/га +3 кг/га

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Общая площадь делянки полевого опыта 24 м<sup>2</sup>, учетная площадь 20 м<sup>2</sup>, в четырехкратной повторности, размещенных систематически.

Семена перед посевом обрабатывали микроудобрением «Аквамикс-Т» (Zn – 2,8%; Cu – 2,8%; В – 3,4%; Мо – 16,9%; Со – 2,1%) в дозе 300 г/т. Некорневую подкормку люпина белого проводили в фазу бутонизации растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» (Zn – 2,25%; Cu – 2,25%; В – 7,65%; Мо – 7,8%; Со – 2,1%) в дозе 150 г/га и макроудобрениями: сернокислым калием (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) в дозе 3 кг/га и монофосфатом калия (КН<sub>2</sub>РО<sub>4</sub>) в дозе 3 кг/га.

Посев люпина белого проводили на глубину 3-4 см селекционной сеялкой СС–11 «Альфа» с нормой высева 1,3 млн. шт. всхожих семян на 1 га, рядовым способом с междурядьем 15 см. Агротехника – принятая для возделывания зерновых бобовых культур.

Уборку урожая люпина с учетной площади проводили комбайном Сампо–2010, сплошным методом.

Опыт 2. Агробиологическая оценка сортов и сортообразцов люпина белого. Объектом исследований служили высокопродуктивные сорта люпина белого, включенные в Госреестр селекционных достижений РФ по 5 региону: Мичуринский (st.), Дега, Пилигрим, Тимирязевский и перспективные селекционные образцы люпина белого селекции ВНИИ люпина филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»: СН 76–16, СН 1022–09, СН 1397–10, СН 51–11, СН 8–12, СН 15–15, СН 39–15, СН 40–15, СН 78–16, СН 15–13, СН 55–14, СН 71–16, СН 816–09, СН 12–13, СН 1735–10, СН 18–13, СН 54–08, СН 20–13, СН 35–13, СН 138–16, СН 77–17, СН 10–16, Альый парус (ПР1–18), СН 25–11, СН 2–17, СН 17–14.

Опыт 3. Оценка основных агробиологических показателей сортов люпина белого для совершенствования региональной технологии возделывания. Схема опыта предусматривала изучения сортов: Мичуринский, Дега, Пилигрим, Тимирязевский.

Посев в опытах два и три осуществляли при прогревании верхнего посевного слоя до +5-7°C, вручную рядовым способом (15 см), предшественник-яровой ячмень. Площадь учетных делянок составляла – 1 м<sup>2</sup>, в шестикратной повторности, размещенных систематически.

При закладке полевых опытов руководствовались методикой полевого опыта (Доспехов Б.А., 1985). Наблюдения, учеты и анализы за растениями выполняли по общепринятым методикам.

Биохимический анализ семян выполнен в аналитической лаборатории ВНИИ люпина филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» по общепринятым методикам.

Расчет биоэнергетической эффективности проводили по методике В.В. Коринец, А.Ф. Козловцева, В.Н. Козенко (Коринец В.В., 1985). Экономическую эффективность рассчитывали по нормативам и расценкам, сложившихся в среднем за годы исследований. Достоверность результатов осуществлена при помощи методов дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 1985) с использованием пакета прикладных программ для статистической обработки данных.

### **Глава 3. Формирование урожайности и качества семян люпина белого в зависимости от минеральных удобрений**

Для оптимального роста и развития растений, достижения высоких урожаев и качества семян люпина белого, необходимо обеспечить благоприятные условия минерального питания. Поэтому, подбор и

использование минеральных макро- и микроудобрений, их сочетаний для люпина белого в конкретных условиях региона, во многом определяет необходимость проводимых исследований.

В наших опытах полевая всхожесть и выживаемость растений люпина белого в зависимости от минеральных макро-и микроудобрений находилась на оптимальном уровне 77,1-88,6% и 74,4-86,3% соответственно. Наибольшие значения полевой всхожести 86,4-88,6% и выживаемости растений 81,3-86,3% получены при применении предпосевной обработки микроэлементным комплексом «Аквамикс-Т», как отдельно, так и в сочетании с другими минеральными удобрениями, на вариантах без его применения они находились на уровне 76,8-79,3% и 79,5-83,8%. Продолжительность вегетационного периода всходы-созревание люпина белого в годы исследований по вариантам опыта различалась на 1-3 суток и составляла 89-92 суток.

Многолетними полевыми опытами установлено, что в фазу образования бобов высота растений на вариантах с листовыми подкормками растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрениями  $K_2SO_4$  и  $KH_2PO_4$  составило 53,4 и 53,3 см, что было на уровне вариантов с обработкой семян микроудобрением «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой макроудобрениями  $K_2SO_4$  и  $KH_2PO_4$  – 53,0 и 53,5, но существенно выше контроля.

При комплексном применении обработки семян микроудобрением «Аквамикс-Т» в сочетании с листовой подкормкой микроудобрением «Аквамикс-ТВ» и макроудобрением сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ) высота растений увеличилась до 54,1 и 54,3 см, что достоверно выше контроля и раздельном их применении (Таблица 2).

Наибольшее количество массы воздушно-сухого вещества в фазу образования бобов на растениях также хорошо проявилось с комплексной обработкой семян микроудобрением «Аквамикс-Т» в сочетании с листовой подкормкой растений микроудобрениями «Аквамикс-ТВ» с макроудобрением  $K_2SO_4$  или  $KH_2PO_4$  и составило 26,0 и 25,8 г, что существенно выше, чем на варианте без удобрений. В эту же фазу вегетации люпина белого большое количество массы воздушно-сухого вещества по сравнению с контролем отмечено и на вариантах с листовой подкормкой растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрениями сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ) 25,0 и 24,8 г.

Площадь листовой поверхности растений, также зависела от фазов, и определялась применением минеральных макро- и микроудобрений. Наибольшую площадь листовой поверхности обеспечили варианты с предпосевной обработкой семян микроудобрением «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрениями сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ), которая составила в фазу образования бобов

28,7 и 28,3 тыс. м<sup>2</sup>/га соответственно, что на 6,6 и 6,2 тыс. м<sup>2</sup>/га выше контрольного варианта.

Таблица 2 – Высота и масса воздушно-сухого вещества растений люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений, 2019-2021 гг.

Вариант	Фазы развития		нарастание листьев		ветвление		бутонизация		цветение		образование бобов	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Контроль – без удобрений	14,1	1,4	27,2	2,6	35,8	7,3	41,1	11,5	45,8	21,5		
ОС Аквамикс-Т – фон	16,2	2,4	29,5	3,8	39,2	9,2	45,1	12,5	49,9	22,3		
ЛП Аквамикс-ТВ	13,6	1,3	26,8	2,6	35,5	7,2	45,7	12,8	51,1	22,7		
ЛП К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	14,0	1,3	27,1	2,6	35,8	7,4	46,0	12,9	52,0	23,2		
ЛП КН <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	14,1	1,3	27,4	2,6	35,7	7,1	45,4	13,0	51,4	23,6		
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	16,2	2,3	29,6	3,8	38,5	9,4	46,5	13,4	52,7	23,4		
Фон + ЛП К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	16,2	2,5	29,1	4,0	39,0	9,3	47,2	13,7	53,0	24,4		
Фон + ЛП КН <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	16,6	2,4	29,9	3,8	39,3	9,4	47,0	13,7	53,5	24,5		
ЛП Аквамикс-ТВ + К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	14,0	1,3	27,7	2,7	36,1	7,1	47,1	14,3	53,4	25,0		
ЛП Аквамикс-ТВ + КН <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	14,2	1,4	27,5	2,5	35,7	7,2	46,6	14,5	53,3	24,8		
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + К <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	16,5	2,4	30,0	3,9	39,2	9,2	48,0	14,9	54,1	26,0		
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + КН <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	16,8	2,4	29,9	3,8	38,9	9,2	47,9	15,0	54,3	25,8		
НСР <sub>05</sub> : 2019 год	1,2	0,5	1,6	0,4	1,8	1,5	1,9	1,3	2,3	1,6		
2020 год	0,9	0,8	1,1	1,0	1,0	1,2	1,7	1,7	2,1	1,8		
2021 год	0,4	0,6	0,6	0,9	1,1	1,1	1,8	1,4	2,5	2,0		

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений; a | b, где a – высота (см), b – масса воздушно-сухого вещества (г)

Результаты многолетних исследований показали, что в межфазный период цветение – образование бобов варианты с листовой подкормкой растений «Аквамикс-ТВ» с сернокислым калием (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) или монофосфатом калия (КН<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) имели высокие показатели фотосинтетического потенциала посева (ФП) 769,2 и 747,1 тыс. м<sup>2</sup>×суток/га соответственно. Положительное влияние на ФП посева оказала обработка семян микроудобрением «Аквамикс-Т» в сочетании с внекорневой подкормкой растений «Аквамикс-ТВ»; сернокислым калием (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) или монофосфатом калия (КН<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), который составил 754,8; 775,2 и 754,1 тыс. м<sup>2</sup>×суток /га соответственно (Таблица 3).

Наибольшее влияние на фотосинтетический потенциал посева люпина белого оказывали варианты с предпосевной обработкой семян микроудобрениями «Аквамикс-Т» в сочетании с листовыми обработками «Аквамикс-ТВ» и макроудобрением сернокислым калием (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) или монофосфатом калия (КН<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 773,6 и 784,9 тыс. м<sup>2</sup>×суток /га, что на 145,6 и 156,9 тыс. м<sup>2</sup>×суток /га выше контроля. Общий фотосинтетический потенциал посевов на этих вариантах за вегетацию составил 1689,5 и 1694,9 тыс. м<sup>2</sup>×суток /га.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) за вегетацию люпина белого по вариантам опыта варьировала от 3,5 до 4,3 г/м<sup>2</sup> × суток. Максимальное её значение получено в 2019 г. 3,8-4,7 г/м<sup>2</sup> × суток, тогда как в менее благоприятных 2020 и 2021 гг. на 0,5 и 1,5 г/м<sup>2</sup> × суток меньше.

Высокие значения ЧПФ получены на вариантах опыта с листовыми подкормками растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с микроудобрениями: сернокислым калием (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) или монофосфатом калия (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), а также на вариантах с предпосевной обработкой семян микроудобрением «Аквамикс-Т» совместно с листовой подкормкой растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» и сернокислым калием или монофосфатом калия (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) и составили 4,0-4,3 г/м<sup>2</sup> × суток, что на 0,5-0,8 г/м<sup>2</sup> × суток выше варианта без удобрений, что указывает на положительный синергический эффект от сочетания макро- и микроудобрений, применяемых в опыте.

Таблица 3 – Фотосинтетический потенциал посева люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений, тыс. м<sup>2</sup> × суток/га, 2019-2021 гг.

Вариант	Межфазные периоды	нарастание листьев – ветвление	ветвление – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – образование бобов	Общий
Контроль – без удобрений		132,3	240,6	384,9	628,0	1385,8
ОС Аквамикс-Т – фон		175,4	281,1	435,0	685,8	1577,4
ЛП Аквамикс-ТВ		137,7	242,4	377,6	681,2	1439,0
ЛП K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		139,4	246,4	367,7	721,1	1474,5
ЛП KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		139,2	245,6	387,2	723,6	1495,7
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ		175,7	283,0	436,6	754,8	1650,2
Фон + ЛП K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		176,9	281,0	442,9	775,2	1676,0
Фон + ЛП KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		174,1	278,3	439,1	754,1	1645,7
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		141,7	246,2	393,8	769,2	1550,9
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		137,5	242,3	413,3	747,1	1540,2
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		177,5	281,2	457,2	773,6	1689,5
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		179,0	284,2	446,8	784,9	1694,9

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Известно, что эффективность симбиотической азотфиксации тесно связана с наличием активных клубеньков и их массой, образующихся на корнях растения. Нами установлено, что в зависимости от внесения изучаемых макро-и микроудобрений в фазе цветения люпина белого число активных клубеньков варьировало от 16,5 до 21,2 шт. на растение. Наибольшее их число получено на вариантах с совместным применением предпосевной обработки семян «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками «Аквамикс-ТВ» и сернокислым калием (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) или монофосфатом калия (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) и составило 21,2 и 20,8 шт. соответственно, что существенно выше контроля на 5,4 и 5,0 шт. и других вариантов опыта. Наименьшее их число сформировалось на варианте без удобрения 15,8 шт. на растение.

В фазе образования бобов на всех вариантах опыта наблюдалось увеличение числа активных клубеньков на одном растении. Максимальное число активных клубеньков имели варианты с предпосевной обработкой семян микроудобрением «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрением сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ) 24,7 и 24,0 шт., что существенно выше контроля и других вариантов опыта (Таблица 4).

Наряду с числом клубеньков, для эффективной работы симбиотического аппарата, большое значение имеет их размер и масса. Нами установлено, что в фазе цветения люпина белого самая большая масса активных клубеньков также сформировалась на вариантах с применением предпосевной обработки семян микроудобрением «Аквамикс-Т» с листовыми подкормками микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ) и составила 76,4 и 75,0 мг соответственно, что существенно выше на 10,0 и 8,6 мг по сравнению с контролем и другими вариантами опыта.

Таблица 4 – Число и масса активных клубеньков на корнях растения люпина белого в зависимости от макро- и микроудобрений, 2019-2021 гг.

Вариант	Фаза развития		нарастания листьев		цветения		образования бобов	
	a	b	a	b	a	b	a	b
Контроль – без удобрений	4,5	26,6	15,8	66,4	20,1	103,8		
ОС Аквамикс-Т – фон	7,5	28,3	17,9	71,3	22,2	109,8		
ЛП Аквамикс-ТВ	4,7	26,9	16,9	69,1	22,5	111,6		
ЛП $K_2SO_4$	4,4	26,8	16,6	69,1	22,6	110,2		
ЛП $KH_2PO_4$	4,6	26,3	16,5	68,4	22,5	110,7		
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	7,6	28,6	19,3	73,4	22,6	113,7		
Фон + ЛП $K_2SO_4$	7,8	28,6	19,5	73,1	23,0	114,2		
Фон + ЛП $KH_2PO_4$	7,7	28,7	19,3	73,7	22,8	114,0		
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП $K_2SO_4$	4,8	26,2	18,0	71,4	23,7	115,3		
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП $KH_2PO_4$	4,3	25,6	16,9	70,9	23,6	114,8		
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП $K_2SO_4$	7,8	28,5	21,2	76,4	24,7	116,4		
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП $KH_2PO_4$	7,5	28,4	20,8	75,0	24,0	116,1		
НСР <sub>05</sub> : 2019 год	0,6	1,1	0,4	2,3	1,1	2,7		
2020 год	0,8	0,9	1,1	1,3	1,2	1,6		
2021 год	1,2	1,0	1,5	1,9	1,0	1,5		

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений; а | b, где а – число активных клубеньков (шт.), b – масса активных клубеньков (мг)

В фазе образования бобов на растениях происходила дальнейшая оптимизация симбиотической активности, что способствовало повышению массы активных клубеньков на фоне обработки семян микроудобрением «Аквамикс-Т» в сочетании с листовой подкормкой растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» с макроудобрениями сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ) до максимальных значений 116,4

и 116,1 мг, что существенно на 12,6 и 12,3 мг или 12,1 и 11,8%, выше контроля и раздельном их применении.

По результатам трехлетних исследований установлено, что применение микроудобрения «Аквамикс-Т» перед посевом обеспечило урожайность семян люпина белого 2,95 т/га, прибавка составила 0,08 т/га или 2,8% и была несущественной по сравнению с контролем. Тогда как листовая подкормка микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в фазу бутонизации растений способствовала получению урожайности семян 3,03 т/га, а прибавка 0,16 т/га или 5,6% была достоверна лишь в 2019 и 2021 годах. Следует отметить, что все остальные варианты с применением макро- и микроудобрений имели достоверную прибавку урожайности по сравнению с контролем (Таблица 5).

Так, применение листовой подкормки растений микроудобрением «Аквамикс-ТВ» совместно с макроудобрением сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ) обеспечили одинаково высокую урожайность семян люпина белого 3,36 и 3,32 т/га, что на 0,49 и 0,45 т/га или 17,1 и 15,8% выше контроля и были на уровне вариантов с обработкой семян микроудобрениями «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой растений в фазу бутонизации «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ), на которых также получена высокая урожайность семян 3,47 и 3,42 т/га, прибавка 0,60 и 0,55 т/га или 20,8 и 19,0%, а достоверные различия по урожайности семян получены с контролем и вариантами с раздельным их применением.

Таблица 5 – Урожайность и качество семян люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений

Вариант опыта	Урожайность семян, т/га				Содержание, %		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	средняя	протеина	жира	алкалоидов
Контроль – без удобрений	3,02	2,93	2,66	2,87	32,8	10,5	0,055
ОС Аквамикс-Т – фон	3,10	3,01	2,74	2,95	34,0	10,6	0,064
ЛП Аквамикс-ТВ	3,23	3,08	2,78	3,03	34,1	10,3	0,096
ЛП $K_2SO_4$	3,24	3,20	2,87	3,10	35,1	10,6	0,072
ЛП $KH_2PO_4$	3,35	3,18	2,93	3,15	35,0	10,2	0,072
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ	3,43	3,24	3,02	3,23	34,3	10,1	0,103
Фон + ЛП $K_2SO_4$	3,47	3,28	3,05	3,27	35,2	10,4	0,098
Фон + ЛП $KH_2PO_4$	3,44	3,25	3,09	3,26	34,9	10,5	0,093
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП $K_2SO_4$	3,56	3,38	3,14	3,36	34,9	10,4	0,109
ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП $KH_2PO_4$	3,54	3,33	3,10	3,32	35,1	10,3	0,114
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП $K_2SO_4$	3,66	3,48	3,26	3,47	35,7	10,0	0,077
Фон + ЛП Аквамикс-ТВ + ЛП $KH_2PO_4$	3,64	3,41	3,20	3,42	36,0	10,2	0,096
НСР <sub>05</sub>	0,15	0,23	0,13	–	–	–	–

Примечание: ОС – обработка семян; ЛП – листовая подкормка растений

Люпин белый – высокопротеиновая зернобобовая культура, но важно знать на сколько можно повысить показатель содержания сырого протеина минеральными макро- и микроудобрениями в конкретных условиях региона. Биохимическим анализом установлено, что содержание сырого протеина в

семенах люпина повышалось до 34,0-36,0% при применении минеральных макро- и микроудобрений. Тогда как на варианте без удобрений содержание сырого протеина составило 32,8%. Листовые подкормки макроудобрениями сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) и монофосфата калия ( $KH_2PO_4$ ), а также их сочетаний с предпосевной обработкой семян микроудобрениями «Аквамикс-Т» и листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» обеспечили высокое содержание сырого протеина 34,9-35,1%.

Наибольшее положительное влияние на содержание сырого протеина оказала предпосевная обработка семян микроэлементами «Аквамикс-Т» в сочетании с листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» и макроудобрением сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ) на которых его содержание составило 35,7-36,0%. На остальных вариантах содержание сырого протеина, также было достаточно высоким 34,0-35,2%.

Содержание жира в семенах люпина белого по вариантам опыта было достаточно высоким и соответствовало культуре люпина белого 10,0-10,6%.

Содержание алкалоидов в семенах варьировало от 0,055 до 0,114%. Варианты опыта с обработкой семян микроэлементом «Аквамикс-Т» в сочетании с листовой подкормкой микроудобрением «Аквамикс-ТВ», листовая подкормка микроудобрением «Аквамикс-ТВ» совместно с сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ) имели содержание алкалоидов 0,103-0,114% и относились (по ГОСТ Р 54632-2011) ко 2 классу качества семян кормового люпина. Остальные варианты имели содержание алкалоидов менее 0,100% и относятся к 1 классу качества семян.

Экономическая оценка эффективности применения минеральных макро- и микроудобрений на люпине белом показала, что себестоимость семян снижалась до 10285-10830 руб./т при предпосевной обработке семян и листовой подкормке растений, несмотря на увеличение производственных затрат с 33810 до 35739 руб./га. Комплексное использование минеральных удобрений, включая макроэлементы «Аквамикс-ТВ» и макроэлементы сернокислый калий ( $K_2SO_4$ ) и монофосфат калия ( $KH_2PO_4$ ), а также их сочетания с предпосевной обработкой семян микроэлементом «Аквамикс-Т» обеспечило высокий условно чистый доход – 29295-31822 руб./га и уровень рентабельности 83,0-89,2%, что значительно выше, чем без применения удобрений на 7267-9794 руб./га или 33,0-44,5%.

Биоэнергетическая оценка показала, что наибольший чистый энергетический доход был достигнут при предпосевной обработке семян микроудобрением «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» – 30,31 ГДж/га и их сочетанием с макроудобрением сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) – 32,32 ГДж/га, а также с листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» с сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) – 31,29 ГДж/га, что выше контроль на 3,40-5,41 ГДж/га.

Биоэнергетический коэффициент посева варьировал от 2,40 до 2,83. Наиболее эффективными были варианты с микроудобрением «Аквамикс-Т» – 2,80, листовой подкормкой «Аквамикс-ТВ» – 2,75, и их сочетание с

сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) 2,70-2,79. Применение сернокислого калия ( $K_2SO_4$ ) было более эффективным по сравнению с монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ).

Таким образом, всесторонняя оценка результатов исследований показала, что применение минеральных макро- и микроудобрений при разных способах и их сочетаниях на люпине белом является экономически и биоэнергетически оправданным технологическим приемом на черноземе типичном в засушливых условиях Центрально-Черноземного региона.

#### **Глава 4. Сравнительная оценка сортов и новых сортообразцов люпина белого**

Анализ результатов исследований, проведенных на четырех сортах и двадцати шести новых сортообразцах люпина белого зерно-кормового назначения, позволил установить важные закономерности в фенотипической изменчивости, морфологических и биологических особенностях, хозяйственно- ценных признаков. В течение трехлетнего периода 2019-2021 гг., исследованиями установлено значительное варьирование продолжительности вегетации, линейного роста растений люпина белого, что связано не только с генетическими особенностями, но и с метеорологическими условиями, повышенным температурным режимом и неравномерным поступлением осадков.

Продолжительность вегетационного периода у сортов варьировала от 95 до 105 суток, у сортообразцов от 90 до 108 суток, при этом сорта Дега, Мичуринский и Пилигрим имели меньшую продолжительность вегетации 95-97 суток, в то время, как сорт Тимирязевский отличался более поздним созреванием 105 суток. Среди сортообразцов наибольшую продолжительность вегетационного периода 103-112 суток имели образцы СН 77-17, СН 78-16, СН 15-13, Алый парус (ПР1-18), СН 25-11, СН 2-17 и СН 17-14.

Также было установлено, что наибольшая высота растений в фазу образования бобов люпина белого 53,2-57,5 см отмечена у сортов: Дега и Тимирязевский и 11 селекционных образцов: СН 51-11, СН 8-12, СН 15-15, СН 39-15, СН 78-16, СН 138-16, СН 77-17, СН 10-16, Алый парус (ПР1-18), СН 25-11 и СН 17-14. Остальные сорта и сортообразцы формировали меньшую высоту растений.

Одним из важных показателей эффективности люпина белого является его семенная продуктивность, которая в засушливых условиях вегетации во все годы была наибольшей у сортов: Пилигрим, Тимирязевский и 12 сортообразцов: СН 18-13, СН 15-13, СН 55-14, СН 816-09, СН 12-13, СН 1735-10, СН 54-08, СН 35-13, СН 138-16, СН 77-17, Алый парус (ПР1-18), СН 25-11, СН 17-14 и составляла 331-434 г/м<sup>2</sup>, что выше стандартного сорта Мичуринского на 12,6-47,6%. Максимальная прибавка урожайности семян 42,9-47,6% была получена у сортообразцов СН 17-14, СН 54-08 и СН 12-13. Образцы СН 816-09, СН 1735-10, СН 35-13 и СН 77-17 обеспечили

достоверную прибавку урожайности семян от 393 до 408 г/м<sup>2</sup>. Сорт Пилигрим и образцы СН 18–13, Алый парус (ПРІ–18), СН 15–13, СН 55–14, СН 138–16 превысили стандарт на 21,1-25,9 % и обеспечили урожайность 356-370 г/м<sup>2</sup>. У сорта Тимирязевский и образца СН 25–11 уровень урожайности семян над стандартом составил 12,6-18,4 % (Таблица 6).

Таблица 6 – Урожайность и качество семян сортов и образцов люпина белого

Сорт, образец	Урожайность семян, г/м <sup>2</sup>				Содержание, %		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	средняя	протеина	жира	алкалоидов
Мичуринский, st	316	274	293	294	32,27	10,03	0,048
Пилигрим	360	368	339	356	35,75	10,34	0,083
Дега	300	298	312	303	33,99	10,00	0,073
Тимирязевский	340	332	320	331	33,60	10,14	0,076
СН 76–16	260	252	234	249	31,79	10,34	0,062
СН 1022–09	254	232	216	234	36,14	10,84	0,065
СН 1397–10	364	327	307	333	35,08	10,62	0,070
СН 51–11	350	300	282	311	33,34	11,26	0,077
СН 8–12	300	346	322	323	32,51	10,66	0,067
СН 15–15	358	290	270	306	36,09	11,21	0,105
СН 39–15	302	285	265	284	36,17	10,96	0,095
СН 40–15	360	289	269	306	35,91	10,38	0,082
СН 78–16	414	310	291	338	31,54	10,90	0,089
СН 18–13	430	352	327	370	35,95	11,54	0,089
СН 15–13	402	348	324	358	31,41	10,33	0,101
СН 55–14	423	334	311	356	34,56	11,16	0,111
СН 71–16	303	321	302	309	32,01	10,80	0,076
СН 816–09	462	372	346	393	29,55	11,19	0,075
СН 12–13	524	407	370	434	33,49	11,35	0,091
СН 1735–10	466	373	343	394	30,53	10,55	0,075
СН 54–08	526	392	357	425	29,38	10,42	0,104
СН 20–13	437	262	246	315	33,84	10,75	0,086
СН 35–13	400	432	393	408	33,45	10,80	0,099
СН 138–16	386	372	342	367	33,49	11,23	0,062
СН 77–17	451	384	353	396	33,85	10,46	0,166
СН 10–16	296	260	244	267	33,43	10,63	0,138
Алый парус (ПРІ–18)	420	337	327	361	29,61	11,10	0,097
СН 25–11	392	340	313	348	31,31	11,20	0,123
СН 2–17	339	330	307	325	36,45	11,07	0,348
СН 17–14	473	412	375	420	33,44	10,21	0,132
НСР <sub>05</sub>	23,4	21,0	17,5	–	–	–	–

При оценке наиболее важных показателей люпина белого особую роль занимает качество семян. При проведении биохимических анализов установлено, что содержание сырого протеина в семенах варьировало от 29,55% до 36,45%, причем наиболее высокопротеиновыми оказались 7 сортообразцов: СН 1022–09; СН 1397–10; СН 15–15; СН 39–15; СН 40–15; СН 18–13 и СН 2–17 и сорт Пилигрим, у которых содержание сырого протеина в

семенах превысило 35,75%. Содержание жира в семенах сортов и сортообразцов люпина белого составило 10,00-11,54 % и соответствовало высоким критериям культуры люпина белого. Важно отметить, что в семенах изучаемых сортов и сортообразцах содержание алкалоидов варьировало в довольно широких пределах от 0,048 % до 0,348 %, что позволило их отнести к группе малоалкалоидных и среднеалкалоидных, за исключением сортообразца люпина СН 2–17 (0,348%).

В исследованиях нами также была проведена оценка изучаемых сортов и сортообразцов люпина по комплексу ценных признаков: адаптивности, экологической пластичности и стрессоустойчивости. Анализ агробиологических возможностей люпина белого выявил сортообразцы: СН 35–13, СН 17–14, СН 54–08 и СН 12–13 с наибольшим коэффициентом адаптивности 120,9-126,8%. Сортообразцы: СН 816–09, СН 1735–10, СН 77–17 также обладали высокой адаптивностью с коэффициентом 115,2–116,2%.

Сорт Пилигрим имел достаточно высокий коэффициент адаптивности 105,1%, остальные сорта обладали более низким адаптивным показателем (Таблица 7).

Таблица 7 – Коэффициент адаптивности сортов и образцов люпина белого, 2019-2021 гг.

Сорт, образец	Коэффициент адаптивности, %	± к стандарту	Сорт, образец	Коэффициент адаптивности, %	± к стандарту
Мичуринский, st	86,8	–	СН 55–14	104,2	+17,4
Пилигрим	105,1	+18,3	СН 71–16	91,4	+4,6
Дега	89,8	+3,0	СН 816–09	115,2	+28,4
Тимирязевский	97,7	+10,9	СН 12–13	126,8	+40,0
СН 76–16	73,3	-13,5	СН 1735–10	115,3	+28,5
СН 1022–09	68,9	-17,9	СН 54–08	124,0	+37,2
СН 1397–10	97,9	+11,1	СН 20–13	91,2	+4,4
СН 51–11	91,2	+4,4	СН 35–13	120,9	+34,1
СН 8–12	95,8	+9,0	СН 138–16	108,1	+21,3
СН 15–15	89,6	+2,8	СН 77–17	116,2	+29,4
СН 39–15	83,7	-3,1	СН 10–16	78,4	-8,4
СН 40–15	89,6	+2,8	Алый парус (ПР1–18)	105,9	+19,1
СН 78–16	98,8	+12,0	СН 25–11	102,3	+15,5
СН 18–13	108,3	+21,5	СН 2–17	96,0	+9,2
СН 15–13	105,1	+18,3	СН 17–14	123,3	+36,5

Многолетними исследованиями установлено, что наибольшей пластичностью отличались сорт Пилигрим – 1,05 и 9 образцов: СН 18–13 – 1,08; СН 55–14 – 1,04; СН 816–09 – 1,15; СН 12–13 – 1,27; СН 1735–10 – 1,15; СН 54–08 – 1,24; СН 35–13 – 1,21; СН 138–16 – 1,08 и СН 77–17 – 1,16. Самый низкий показатель пластичности получен на сортообразцах: СН 76–16 – 0,73; СН 1022–09 – 0,69; СН 39–15 – 0,84 и СН 10–16 – 0,78. Остальные сорта и сортообразцы были менее пластичны к метеорологическим условиям региона.

Не менее важным показателем оценки сортов и образцов люпина белого также является стрессоустойчивость. Установлено, что высокой стрессоустойчивостью характеризовались сорта: Дега -14,0; Тимирязевский - 20,0; Пилигрим -29,0 и сортообразцы СН 71–16 -19,0 и СН 76–16 -26,0. У стандартного сорта Мичуринский и остальных сортообразцов люпина белого стрессоустойчивость была ниже.

Для степени соответствия факторов внешней среды генотипу конкретного сорта и сортообразца мы оценку устойчивости к стрессу дополнили показателем компенсаторной способности. В сложившихся условиях вегетации высокой компенсаторной способностью отличались сортообразцы СН 12–13 – 447,0; СН 54–08 – 441,5; СН 17–14 – 424,0; СН 35–13 – 412,5; СН 816–09 – 404,0; СН 1735–10 – 404,5; СН 77–17 – 402,0. Среди сортов наибольшая компенсаторная способность получена у сортов Пилигрим – 353,5 и Тимирязевский – 330,0; у сортов Мичуринский и Дега она составила 295,0 и 305,0.

В наших полевых опытах высокие показатели биоэнергетической эффективности обеспечили все сорта и сортообразцы люпина белого, так как биоэнергетический коэффициент посева варьировал от 1,80 до 2,05 и 1,42 до 2,37. Наибольшей биоэнергетической эффективностью обладал сорт Пилигрим, и сортообразцы: СН 12–13; СН 17–14; СН 54–08; СН 35–13; СН 77–17; СН 816–09 и СН 1735–10.

В совершенствовании технологии люпина белого важное место занимает выбор сорта и применение минеральных удобрений, которые обеспечивают эффективное его возделывание. Поэтому исследования по оценке сортов люпина были продолжены и в условиях 2022-2023 гг., которые были более благоприятными, чем предыдущие для возделывания люпина. В этих условиях наибольшую урожайность семян обеспечил новый сорт Пилигрим – 365,5 г/м<sup>2</sup>, что достоверно на 80,5 г/м<sup>2</sup> выше стандартного сорта Мичуринский. Урожайность сортов Дега и Тимирязевский составила 322,0 и 351,0, г/м<sup>2</sup>, что на 37,0 и 66,0 г/м<sup>2</sup> выше стандарта сорта Мичуринский, у которого урожайность семян также была достаточно высокой 285,0 г/м<sup>2</sup>.

Все сорта люпина белого имели высокую адаптивность, стрессоустойчивость, индекс экологической пластичности и при этом обладали высокой биоэнергетической эффективностью, выходом обменной энергии 4,13-5,30 МДж/м<sup>2</sup> и биоэнергетическим коэффициентом посева 1,93-2,11.

Таким образом, по комплексу агробиологических показателей, урожайности и биоэнергетической эффективности люпина белого изучаемые сорта: Мичуринский, Дега, Тимирязевский и Пилигрим подходят для возделывания в региональной технологии, а лучшие сортообразцы СН 12–13, СН 35–13, СН 54–08, СН 17–14, СН 15–15, выделившиеся по комплексу признаков для оценки в Государственной комиссии по испытанию и охране селекционных достижений с дальнейшим применением их в производстве.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение минеральных макро- и микроудобрений обеспечило оптимальную полевую всхожесть семян и выживаемость растений, которые находились на оптимальном уровне 77,7-88,6% и 74,4-86,3% соответственно.

Продолжительность вегетационного периода всходы-созревания за годы исследований по вариантам опыта составила 89-92 суток. Применение листовых подкормок макро- и микроудобрениями и их сочетаний ускорили период вегетации растений на 1-3 суток по сравнению с контролем.

2. В засушливых условиях региона минеральные макро- и микроудобрения положительно влияли на линейный рост и накопление массы сухого вещества растений на протяжении всей вегетации люпина белого. В фазе образования бобов наибольшую высоту растений и массу воздушно - сухого вещества обеспечила предпосевная обработка семян микроудобрениями «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой растений в фазе бутонизации «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрением сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ). Высота растений на данных вариантах составила 54,1 и 54,3 см, при массе воздушно - сухого вещества 26,0 и 25,8 г, что на 8,3 и 8,5 см или 4,5 и 4,8 г выше контроля и других вариантов с удобрениями.

3. Наибольшую площадь ассимиляционной поверхности в течении всей вегетации растений обеспечили микроудобрения с обработкой семян «Аквамикс-Т» и листовой подкормкой растений в фазе бутонизации «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрениями сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ). В фазе образования бобов площадь листовой поверхности составила 28,7 и 28,3 тыс.  $m^2/га$ , что на 6,6 и 6,2 тыс.  $m^2/га$  выше контроля. При этом фотосинтетический потенциал посевов люпина белого составил 1689,5 и 1694,9 тыс.  $m^2 \times \text{суток}/га$ , а чистая продуктивность посева 4,2 и 4,3  $г/м^2 \times \text{суток}$ , что на 303,7 и 309,1 тыс.  $m^2 \times \text{суток}/га$  или 0,7 и 0,8  $г/м^2 \times \text{суток}$  выше, чем на контроле и других вариантах с удобрениями.

4. Использование минеральных макро- и микроудобрений на черноземе типичном в засушливых условиях оказывало положительное влияние на симбиотический аппарат люпина белого. Наибольшее число и масса активных клубеньков была получено в фазе образования бобов при обработке семян микроудобрениями «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой растений в фазе бутонизации «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрением сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) – 24,7 шт. и 116,4 мг или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ) – 24,0 шт. и 116,1 г, что достоверно выше на 3,9-4,6 мг и 12,3-12,6 шт., чем на контроле и других вариантах опыта.

5. Доказана эффективность применения хелатных форм микроудобрений «Аквамикс-Т» при обработке семян и «Аквамикс-ТВ» листовой подкормке в фазу бутонизации растений в сочетании с макроудобрением сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ), что способствовало получению высокой урожайности семян 3,47 и

3,42 т/га, прибавка составила 0,60 и 0,55 т/га или 20,8 и 19,0%, что достоверно выше по сравнению с контролем. Высокая урожайность семян также была получена при листовой подкормке растений микроэлементным комплексом «Аквамикс-ТВ» в сочетании с сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) и монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ) – 3,36 и 3,32 т/га. Данные приемы оказывали наиболее выраженное положительное действие и на основные элементы структуры урожая белого люпина.

6. Биохимическим анализом установлено, что наибольшее содержание сырого протеина в семенах люпина 35,7-36,0% обеспечила предпосевная обработка семян микроэлементом «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой растений в фазу бутонизации микроэлементом «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроэлементами: сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ), тогда как на варианте без удобрений его содержание составило лишь 32,8%.

7. Содержание сырого жира в семенах было достаточно высоким 10,0-10,6% для культуры люпина белого и мало отличалось как по годам исследований, так и изучаемым приемам возделывания. Содержание алкалоидов в семенах люпина белого изменялось по вариантам от 0,055 до 0,114%, что соответствовало (ГОСТу 54632-2011) 1 и 2 классу качества кормового люпина.

8. Максимальные показатели эффективности возделывания люпина белого получены при предпосевной обработке семян микроудобрением «Аквамикс-Т» с листовой подкормкой микроудобрением «Аквамикс-ТВ» в сочетании с макроудобрениями сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ). Условно чистый доход при этом составил – 31,8 и 30,8 тыс. руб./га, уровень рентабельности – 89,2 и 86,2%, при низкой себестоимости 10,3-10,5 тыс. рублей. Биоэнергетический коэффициент посева в опыте был достаточно высоким и варьировал от 2,40 до 2,83 единиц.

9. В среднем за годы исследований, в условиях повышенной температуры, неравномерном и ограниченном поступлении осадков, продолжительность вегетационного периода у сортов варьировала от 95 до 105 суток, сортообразцов от 90 до 112 суток. Наибольшей скороспелостью 95-97 суток отличились сорта Дега, Мичуринский, Пилигрим и 90-98 суток – 19 сортообразцов люпина белого.

10. По урожайности семян выделены сортообразцы: СН 12–13 – 434 г/м<sup>2</sup>, СН 54–08 – 425 г/м<sup>2</sup>, СН 35–13 – 408 г/м<sup>2</sup> и сорта Пилигрим – 356 г/м<sup>2</sup>, Тимирязевский – 331 г/м<sup>2</sup> и Дега – 303 г/м<sup>2</sup>. При более благоприятных условиях вегетации повышали урожайность семян сорта Пилигрим до 366 г/м<sup>2</sup>, Тимирязевский 351 г/м<sup>2</sup>, Дега 322 г/м<sup>2</sup> и Мичуринский 285 г/м<sup>2</sup>.

11. Определены образцы с высоким содержанием сырого протеина СН 2–17 – 36,45%, СН 39–15 – 36,17%, СН 1022–09 – 36,14%, СН 15–15 – 36,09% и сорт селекции ВНИИ люпина Пилигрим – 35,75%. Образцы с повышенным содержанием жира СН–18–13 – 11,54%, СН 13–13 – 11,35%, СН 138–16 – 11,23%, СН 15–15 – 11,21%, СН 25–11 – 11,20% и СН 816–09 – 11,19%.

12. Выделены сортообразцы с высоким коэффициентом адаптивности СН 12–13 – 126,8%, СН 54–08 – 124,0%, СН 17–14 – 123,3%, СН 35–13 – 120,9%,

которые толерантны к засушливым условиям региона. Установлены наиболее ценные сортообразцы по комплексу хозяйственных признаков урожайности, адаптивности, экологической пластичности, стрессоустойчивости и качеству семян: СН 12–13, СН 35–13, СН 54–08, СН 17–14, СН 15–15.

13. Высокую биоэнергетическую эффективность в условиях региона имели все сорта и сортообразцы люпина белого, так как биоэнергетический коэффициент посева составил 1,42-2,46 единиц. По показателям биоэнергетической эффективности среди сортов следует выделить сорт Пилигрим и сортообразцы: СН 12–13; СН 17–14; СН 54–08; СН 35–13; СН 77–17; СН 816–09 и СН 1735–10, у которых биоэнергетический коэффициент варьировал от 2,24 до 2,46 единиц.

### **РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ**

1. В условиях Центрально-Черноземного региона на черноземе типичном рекомендуем для повышения урожайности и качества семян люпина белого применять предпосевную обработку семян микроэлементным комплексом «Аквамикс-Т» из расчета 300 г/т с листовой подкормкой растений микроэлементом «Аквамикс-ТВ» 150 г/га в сочетании с макроудобрениями сернокислым калием ( $K_2SO_4$ ) или монофосфатом калия ( $KH_2PO_4$ ) 3 кг/га в фазе бутонизации растений. При данных приемах возможно получить урожайность семян люпина белого 3,26-3,66 т/га с содержанием сырого протеина в семенах 32,3-39,1% и обеспечить высокую экономическую и биоэнергетическую эффективность возделывания.

2. Предприятиям региона для повышения урожайности и качества семян рекомендуем в качестве агротехнического приема в региональной технологии применять сорта люпина белого Пилигрим, Тимирязевский, Дега и Мичуринский, которые обеспечивают высокую продуктивность и биоэнергетическую эффективность возделывания.

Наиболее ценные сортообразцы по комплексу хозяйственных признаков: урожайности, адаптивности, экологической пластичности, стрессоустойчивости и качеству семян СН 12–13, СН 35–13, СН 54–08, СН 17–14, СН 15–15 передать для оценки в Государственную комиссию по испытанию и охране селекционных достижений.

### **ПЕРСПЕКТИВА ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

Перспективным направлением дальнейших исследований является изучение новых минеральных макро- и микроудобрений в сочетании с регуляторами роста, направленных на активизацию фотосинтетического и симбиотического аппаратов растений, повышение урожайности и качества семян люпина белого при использовании как на кормовые, так и продовольственные цели. Для эффективного использования природных ресурсов в программу исследований также следует включить изучение на культуре люпин нетрадиционных органических удобрений, соломы зерновых культур и сидератов капустных растений. Следует продолжить оценку новых сортов и селекционных образцов люпина белого в условиях Центрально-Черноземного региона.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ

1. Влияние макро- и микроудобрений, их сочетаний на формирование урожайности и качество семян люпина белого в условиях юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона / В. Н. Наумкин, **А. С. Ближник**, О. Ю. Артемова [и др.] // Кормопроизводство. – 2021. – № 3. – С. 32-37.
2. Результаты испытания новых сортов и образцов люпина белого в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона / **А. С. Ближник**, А. Г. Демидова, Л. А. Наумкина [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 3(75). – С. 51-56.
3. Формирование продуктивности семян люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений в условиях Центрально-Чернозёмного региона / В. Н. Наумкин, **А. С. Ближник**, А. Н. Крюков [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – № 2(30). – С. 167-177.
4. Оценка коллекции сортов и образцов люпина белого по адаптивности, урожайности и качеству семян / **А. С. Ближник**, А. Г. Демидова, М. И. Лукашевич [и др.] // Кормопроизводство. – 2022. – № 6. – С. 27-33.
5. Урожайность и качество семян новых сортов и линий люпина белого в условиях Центрально-Черноземного региона / **А. С. Ближник**, М. И. Лукашевич, А. Г. Демидова [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2022. – Т. 14, № 5. – С. 20-25.
6. Сравнительное испытание сортов и образцов люпина белого селекции ВНИИ люпина в Центрально-Чернозёмном регионе / **А. С. Ближник**, А. Г. Демидова, М. И. Лукашевич [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 3(43). – С. 41-49.

### Статьи в журналах, рекомендованных Scopus

1. Dependence of productivity of white lupine seeds on the foliar dressing with macro- And micronutrient fertilizers / **A. S. Blinnik**, V. N. Naumkin, L. A. Naumkina [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, 12 апреля 2021 года. – Michurinsk, 2021. – P. 012052.
2. Influence of mineral fertilizers on the white lupine seeds yield under cultivation in the Central Black Earth region of Russia / V. N. Naumkin, L. A. Naumkina, O. Yu. Artemova, **A. S. Blinnik** [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 16–19 июня 2021 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Vol. Volume 839. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 22078.

### Статьи в журналах, тематических сборниках и материалах конференций

1. **Ближник А. С.**, Артемова О. Ю. Влияние концентрации микроудобрения "Аквамикс-Т" на прорастание семян люпина белого // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной научной конференции, Майский, 14–15 марта 2023 года. Том 1. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – С. 27-28.
2. **Ближник А. С.**, Артемова О. Ю. Влияние минеральных удобрений на формирование урожайности кормового люпина // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVII Международной научно-производственной конференции, Майский, 12 апреля 2023 года. Том 1. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – С. 30-31.
3. **Ближник А. С.**, Наумкин В. Н. Экологическая пластичность и урожайность семян сортов люпина белого в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции, Майский, 29–30 марта 2022 года. Том 1. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2022. – С. 99-100.
4. **Ближник А. С.**, Артемова О. Ю. Оценка влияния листовых подкормок макро- и микроудобрениями на качество семян люпина белого // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVI Международной научно-производственной конференции,

Майский, 25 мая 2022 года. Том 1. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2022. – С. 69-70.

5. **Блинник А. С.**, Артемова О. Ю. Сравнительная оценка перспективных сортообразцов люпина белого по урожайности семян в условиях Белгородской области // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции, Майский, 29–30 марта 2022 года. Том 1. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2022. – С. 16-17.

6. **Блинник А. С.**, Артемова О. Ю. Влияние листовых подкормок минеральными макро- и микроудобрениями на морфологические показатели и семенную продуктивность люпина белого // Актуальные направления роста эффективности возделывания зернобобовых культур : Материалы Всероссийской (Национальной) научно-практической онлайн конференции, Орел, 17 февраля 2022 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2022. – С. 14-18.

7. **Блинник А. С.**, Артемова О. Ю. Сравнительный анализ качества семян люпина белого // Инновационные технологии в агрономии, ландшафтной архитектуре и землеустройстве : Материалы Международной студенческой научной конференции , посвящённой 100-летию со дня рождения Василия Яковлевича Горина, Майский, 26 октября 2022 года. – Майский: горин, 2022. – С. 103-104.

8. Соломатина П. А., **Блинник А. С.** Морфологические и кормовые особенности люпина белого // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции, Майский, 24–25 февраля 2021 года. Том 1. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. – С. 73.

9. **Блинник А. С.**, Наумкина Л. А. Урожайность семян люпина белого в зависимости от микроудобрений Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции, Майский, 24–25 февраля 2021 года. Том 1. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. – С. 12.

10. **Блинник А. С.**, Наумкин В. Н. Влияние минеральных удобрений на содержание протеина в семенах люпина белого // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции, Майский, 24–25 февраля 2021 года. Том 1. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. – С. 11.

11. Наумкин В. Н., **Блинник А. С.** Влияние макроудобрений на продуктивность люпина белого // Вопросы современной генетики, селекции и ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур : Сборник докладов национальной научной конференции, Белгород, 12 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. – С. 99-101.

12. Артемова О. Ю., **Блинник А. С.** Оценка урожайности перспективных сортов люпина белого для возделывания в ЦЧР // Вопросы современной генетики, селекции и ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур : Сборник докладов национальной научной конференции, Белгород, 12 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. – С. 187-189.

13. Наумкина Л. А., **Блинник А. С.** Влияние микроудобрений на семенную продуктивность люпина белого // Вопросы современной генетики, селекции и ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур : Сборник докладов национальной научной конференции, Белгород, 12 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. – С. 17-19.

14. Наумкин В. Н., **Блинник А. С.**, Артемова О. Ю. Урожайность и качество семян люпина белого в зависимости от минеральных удобрений // Аграрная наука в условиях инновационного развития АПК : Сборник докладов национальной конференции. Белгород, 30 ноября 2020 г., Белгород, 30 ноября 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2020. – С. 74-75.

15. Наумкин В. Н., Наумкина Л. А., Артемова О. Ю., **Блинник А. С.** Влияние листовых подкормок на формирование урожая семян люпина белого // Аграрная наука в условиях

инновационного развития АПК : Сборник докладов национальной конференции. Белгород, 30 ноября 2020 г., Белгород, 30 ноября 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2020. – С. 72-73.

16. **Блинник А. С.**, Наумкин В. Н. Урожайность и качество люпина белого в зависимости от микро- и макроудобрений // Горинские чтения. Наука молодых - инновационному развитию АПК : Материалы Международной студенческой научной конференции «Горинские чтения, Майский, 28–29 марта 2019 года. Том 1. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2019. – С. 5-6.