

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет дружбы народов имени
Патриса Лумумбы»**

На правах рукописи

Мульо Панолуиса Фредди Эдуардо

**ОБОСНОВАНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ
ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ**

Специальность 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Диссертация

на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент **Романова Елена Валерьевна**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1 Перспективы возделывания сои овощной в России.....	11
1.1.1 Научно–практические основы интродукции сои овощной в РФ.....	11
1.1.2 Перспективы потребления сои овощной в России.....	13
1.2 Растительно–микробные системы сои и их значение в земледелии.....	17
1.2.1 Влияние предпосевной обработки семян биопрепаратами и микробиологическими удобрениями на продуктивность сои.....	17
1.2.2 Значение обработки семян сои перед посевом микробиологическими удобрениями и биопрепаратами в оптимизации их биохимического состава.....	34
1.3 Агрономические и биологические параметры сои овощной.....	36
1.3.1 Агробιологические особенности культуры.....	36
1.3.2 Значение и пищевая ценность сои овощной.....	46
1.3.3 Модель сорта (Основные направления селекции и моделирование сортотипов сои овощной).....	51
ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	55
2.1 Почвы.....	55
2.2 Климат.....	60
2.3 Погодные условия.....	61
2.4 Схема, объект и предмет исследований.....	67
2.5 Методика проведения исследований.....	72
2.6 Технология возделывания сои овощной.....	76
ГЛАВА 3. ФЕНОТИПИРОВАНИЕ СОРТОВ И СОРТООБРАЗЦОВ СОИ ОВОЩНОЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА АВТОФЛУОРЕСЦЕНЦИИ СЕМЯН.....	81
ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН БИОПРЕПАРАТОМ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ УДОБРЕНИЕМ	

НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ И СОРТООБРАЗЦОВ СОИ ОВОЩНОЙ.....	95
4.1 Толщина стебля.....	95
4.2 Высота прикрепления нижнего боба.....	98
4.3 Количество бобов на растении.....	101
4.4 Количество ветвей.....	103
4.5 Количество продуктивных узлов.....	106
4.6 Высота растения.....	109
4.7 Техническая спелость.....	111
4.8 Доля растений с клубеньками.....	113
4.9 Количество клубеньков на растении.....	115
4.10 Длина главного корня.....	119
4.11 Площадь листовой поверхности.....	121
4.12 Структура урожая.....	124
4.13 Биологическая урожайность.....	133
4.14 Биохимический состав семян.....	142
ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	
ПРОИЗВОДСТВА СЕМЯН СОИ ОВОЩНОЙ В ЗАВИСИМОСТИ	
ОТ ГЕНОТИПА И ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН.....	163
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	168
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	171
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	172
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	173
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	202

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. В условиях продовольственной безопасности и импортозамещения возрастает потребность в альтернативных источниках растительного белка. Перспективным решением для России является интродукция сои овощной (*Glycine max* L.) – высокобелковой культуры с растущим рыночным спросом. Однако в РФ эта культура остаётся малоизученной: дефицит отечественных семян и зональных технологий сдерживает её производственное освоение.

Биологизация земледелия играет ключевую роль в повышении эффективности возделывания бобовых. Изучение симбиоза «растение–микроорганизм» актуально в контексте снижения антропогенной нагрузки и минимизации минеральных азотных удобрений. Однако высокая специфичность взаимодействий требует дифференцированного подхода: эффективность симбиоза зависит от правильного сочетания генотипов сои овощной и штаммов ризобий, адаптированных к почвенно–климатическим условиям региона.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью выявления сортов и сортообразцов сои овощной, адаптированных к условиям Нечернозёмной зоны РФ, и оценки влияния предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением на основе *Bradyrhizobium japonicum* и *Sinorhizobium fredii* на продуктивность и симбиотический потенциал растений. Определение оптимальных комбинаций «генотип–штамм» позволит разработать ресурсосберегающие технологии возделывания, что подтверждает научную и практическую значимость работы.

Степень разработанности темы. Проблема технологии возделывания и предпосевной обработки семян сои овощной (*Glycine max* L.) находится на стыке интродукции, физиологии симбиоза и биологизации земледелия. За рубежом культура изучена комплексно, преимущественно для зернового направления и климатических условий, отличных от российских (Shafigullin

D. R. et al., 2018; Kim Ye. E. et al., 2018; Sharaf H. et al., 2019). В РФ исследования сои овощной фрагментарны и ведутся с 2015 г. (Посыпанов Г. С. и др., 2007). Отсутствие систематизированных данных по адаптивности, биохимическому профилю и эффективности предпосевной обработки семян сортов и сортообразцов в условиях Нечерноземной зоны РФ обуславливает актуальность настоящего исследования.

Цель исследования – разработать научно обоснованные элементы технологии возделывания сои овощной (*Glycine max L.*) в условиях Центрального района Нечернозёмной зоны РФ на основе оценки эффективности предпосевной обработки семян биопрепаратом (*Bradyrhizobium japonicum*) и микробиологическим удобрением (*Sinorhizobium fredii*), выявить адаптивные генотипы, обеспечивающие стабильную продуктивность и качество урожая при минимизации антропогенной нагрузки на агроэкосистемы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Оценить адаптивный потенциал коллекционных сортов и сортообразцов сои овощной (*Glycine max L.*) в условиях Центрального района Нечернозёмной зоны РФ по комплексу морфобиологических, фенологических и биометрических показателей.

2. Изучить влияние предпосевной обработки семян сои овощной на основе *Bradyrhizobium japonicum* и *Sinorhizobium fredii* на формирование симбиотического аппарата (клубенькообразование, активность азотфиксации) и фотосинтетическую деятельность растений.

3. Определить эффективность предпосевной обработки семян в отношении элементов структуры урожая и продуктивности сортов и сортообразцов сои (масса семян с растения, количество бобов, масса 1000 семян).

4. Выявить влияние биопрепарата и микробиологического удобрения на биохимический состав семян в фазе технической спелости (содержание белка, жиров, клетчатки, минеральных элементов: P, K, Fe, Zn).

5. Провести фенотипирование сортов и сортообразцов на основе анализа автофлуоресценции семян для оценки их качества и пищевой ценности в зависимости от применяемого биопрепарата и микробиологического удобрения.

6. Определить комплементарность пар «образец–инокулянт» и выделить генотипы, обеспечивающие максимальную эффективность симбиоза и урожайность в условиях региона.

7. Дать экономическую оценку эффективности применения биопрепарата и микробиологического удобрения при возделывании сортов и сортообразцов сои овощной в условиях Нечернозёмной зоны РФ.

Научная новизна исследования. Впервые для агроэкологических условий Нечерноземной зоны РФ обоснована эффективность предпосевной инокуляции сои овощной. Установлено, что применение микробиологического удобрения БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) обеспечивает нодуляцию 90,3 % растений с интенсивностью 31,2 клубенька на растение, что статистически значимо превосходит показатели биопрепарата Оптимайз 400, РК (61,9 % и 21,2 штук на растение). Данный приём компенсирует дефицит естественной инокуляции без применения дополнительных приемов агротехники. Разработаны дифференцированные нормативы биологизации технологии возделывания. Внедрение микробиологического удобрения БиоБеСтА, Ж повышает биологическую урожайность на 32–43 % и снижает себестоимость продукции на 12,4–22,4 %. Установлены критерии адаптивности сортообразцов А и F, обеспечивающие получение 4,36–4,69 т/га при рентабельности 98–110 % и прибыли 411187–467419 руб./га, что обосновывает их интеграцию в региональные адаптивные системы земледелия. Впервые сформулирован и подтвержден принцип избирательного подбора компоненты «сорт, сортообразец × инокулянт × целевой признак». Доказано, что для стандарта Брянская 11 оптимизация качественных параметров достигается применением биопрепарата Оптимайз 400, РК, тогда как для сорта Hidaka приоритетным является микробиологическое удобрение БиоБеСтА, Ж, повышающее содержание

минеральных веществ в семенах. Данный подход расширяет методологические основы управления продуктивностью сои в зонах рискованного земледелия.

Теоретическая и практическая значимость исследования.

Исследование вносит вклад в теорию адаптивной интенсификации и биологизации земледелия. Установлены закономерности влияния штаммов *B. japonicum* и *S. fredii* на продуктивность, стрессоустойчивость и азотное питание сои овощной в Нечернозёмной зоне, обоснованы критерии адаптивности генотипов (отзывчивость, стабильность, пластичность) для дифференцированного подбора пары «генотип × агроприём». Доказана возможность частичной замены минерального азота биопрепаратами без снижения урожайности, что развивает теорию экологически безопасного воспроизводства плодородия дерново–подзолистых почв.

Разработаны элементы зональной технологии возделывания сои овощной для Центрального Нечерноземья: нормативы предпосевной обработки семян (БиоБеСтА, Ж – 1,0 л/т; Оптимаиз 400, РК – 1,8 л/т), рекомендации по подбору комплементарных пар «инокулянт × генотип», параметры оптимизации азотного питания. Экономическая эффективность подтверждена прибавкой урожайности на 32–43 %, снижением себестоимости на 12,4–22,4 % и рентабельностью 98–110 % при использовании адаптивных сортов и сортообразцов. Материалы исследования интегрированы в образовательные программы аграрных вузов и систему повышения квалификации специалистов АПК.

Методология и методы исследований. Методология исследования базируется на положениях адаптивно–ландшафтного земледелия, теории бобово–ризобияльного симбиоза и системном подходе к оценке агроэкосистем. Лабораторные исследования включали: агрохимический анализ семян (содержание белка, жира, макроэлементов) по аттестованным методикам ГОСТ; оценку симбиотической эффективности: учёт количества и массы клубеньков; фенотипирование методом автофлуоресценции хлорофилла с использованием конфокального лазерного сканирующего

микроскопа LSM 800. Статистическая обработка данных выполнена методом дисперсионного анализа (ANOVA) по Б.А. Доспехову с использованием программного пакета InfoStat 2020. Достоверность различий оценивали по критерию Фишера (F–тест) при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Положения, выносимые на защиту:

1. Диагностическая значимость метода экспресс–фенотипирования семян по параметрам автофлуоресценции хлорофилла для дифференциации генотипов сои овощной по симбиотическому потенциалу, пищевой ценности и адаптивности к применяемым штаммам ризобий, что позволяет оптимизировать подбор сортов и сортообразцов в биологизированных системах земледелия.

2. Закономерности формирования продуктивности, морфофизиологических параметров и биохимического состава семян сои овощной под влиянием предпосевной обработки семян биопрепаратом Оптимаиз 400, РК – 1,8 л/т (*Bradyrhizobium japonicum*) и микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж – 1,0 л/т (*Sinorhizobium fredii*), которые обеспечивают направленную регуляцию азотного питания и повышение качества урожая в почвенно–климатических условиях Центрального района Нечернозёмной зоны РФ.

3. Генотип–штаммовая специфичность бобово–ризобияльного симбиоза у сои овощной, позволяющая формировать комплементарные пары «сорт, сортообразец – штамм ризобий» с максимальной азотфиксирующей активностью, устойчивостью к абиотическим стрессам и стабильным формированием семян с улучшенными биохимическими показателями.

4. Элементы ресурсосберегающей технологии возделывания сои овощной, включающие дифференцированную предпосевную обработку семян, что позволяет повысить урожайность, улучшить качество продукции и обеспечить уровень рентабельности производства не ниже 68 % в условиях адаптивно–ландшафтного земледелия.

Степень достоверности и апробации результатов исследований.

Достоверность результатов обеспечена методологической обоснованностью исследований в рамках адаптивно–ландшафтного земледелия и биологизации агроэкосистем, соблюдением методик полевого опыта (Б. А. Доспехов, ВНИИЗХ) и аттестованных лабораторных методов (ГОСТ). Трёхкратная рандомизированная повторность и трёхлетний цикл исследований (2022–2024 гг.) позволили учесть межгодовую изменчивость условий Нечернозёмной зоны РФ. Статистическая обработка выполнена методом дисперсионного анализа (ANOVA) в InfoStat 2020 при $p \leq 0,05$ с оценкой достоверности по НСР₀₅. Личный вклад автора включает постановку задач, разработку схемы эксперимента, проведение полевых и лабораторных исследований, статистический анализ и интерпретацию результатов. Основные положения и результаты диссертационной работы прошли научную апробацию на международных и всероссийских научных конференциях, в том числе: III молодёжная Всероссийская научная конференция с международным участием «PLANTAE & FUNGI – 2023: ВЫЗОВЫ XXI ВЕКА» (25–29 сентября 2023 г., Владивосток, Ботанический сад–институт Дальневосточного отделения РАН); XVI Международная научно–практическая конференция «Инновационные процессы в сельском хозяйстве» (25–26 апреля 2024 г., Москва, РУДН); XVII Международная научно–практическая конференция «Инновационные процессы в АПК» (23–24 апреля 2025 г., Москва, РУДН).

Публикация результатов исследования. Основные результаты исследования отражены в 10 научных публикациях, включая 1 статью в издании, индексируемом в Scopus, 2 статьи – в базе RSCI, 4 статьи – в журналах Перечня ВАК и РУДН, а также 3 работы в материалах международных конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, предложений производству, списка использованных источников и приложений. Общий объем работы составляет 278 страниц, включая 77 страниц приложений. Основной текст иллюстрирован 13

таблицами и 22 рисунками. Библиографический список содержит 218 источников, в том числе 143 иностранных.

Личный вклад автора заключается в участии во всех этапах исследования: от разработки концепции, постановки цели и задач до практической реализации полевых и лабораторных экспериментов, статистической обработки данных и апробации результатов. Экспериментальные данные получены автором самостоятельно на опытном участке ФНЦО РАН (ВНИИССОК, Одинцовский район, Московская область) в период 2022–2024 гг. Достоверность результатов обеспечена личным участием автора в закладке опытов, проведении агрохимических анализов и корректной статистической обработкой данных. Все основные положения, выносимые на защиту, сформулированы автором самостоятельно. Научные публикации и доклады на конференциях подготовлены при личном участии соискателя.

Благодарность. Автор выражает искреннюю признательность научному руководителю, кандидату сельскохозяйственных наук, доценту Романовой Елене Валерьевне за постоянное руководство, ценные советы и поддержку на всех этапах подготовки диссертации, и член–корреспонденту РАН, доктору биологических наук, профессору Гинсу Мурату Сабиновичу за содействие в организации и проведении полевых и лабораторных исследований на базе ФНЦО РАН. Автор благодарит кандидата биологических наук, главного специалиста по развитию АО «Аметис» Кузнецову Викторию Александровну за предоставленные биологические препараты для проведения опытов. Отдельную благодарность автор выражает коллективу агробиотехнологического департамента РУДН, а также сотрудникам лаборатории физиологии и биохимии растений и функциональных продуктов Федерального научного центра овощеводства за помощь в выполнении экспериментальной части работы и обсуждении полученных результатов.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Перспективы возделывания сои овощной в России

1.1.1 Научно–практические основы интродукции сои овощной в РФ

Сою овощную (эдамаме) убирают в фазе технической спелости для употребления в пищу зелёных незрелых семян, часто – прямо в бобах. Развитие и созревание сои проходят в две основные фазы: вегетативную (R1–R6) и репродуктивную (R7–R8). Эдамаме обычно собирают на стадии R6, когда семена уже полностью сформированы, но бобы остаются зелёными и сочными (Zhang L. et al., 2007). Масса 1000 семян овощной сои составляет 220–230 г, а у отдельных японских сортов может быть ещё выше (Петибская В. С., 2012; Ogles C., 2016; Xu Y. et al., 2016). Урожайность эдамаме может достигать 10 т/га товарной продукции в виде свежих зелёных бобов.

Овощная соя, или эдамаме (от яп. «эда–мамэ» – «бобы на веточке»), отличается от традиционной зерновой сои крупными, мягкими бобами со сладковато–ореховым вкусом (Xu Y. et al., 2016). В кулинарии её используют как закуску, самостоятельное овощное блюдо, добавку к супам, а также в виде пасты или ингредиента десертов (Zhang L. et al., 2007). Благодаря универсальности эдамаме легко заменяет горох или фасоль в большинстве рецептов (Ramakrishnan M. Nair et al., 2023). Особую ценность она представляет для вегетарианцев и веганов: содержит полноценный растительный белок и все незаменимые аминокислоты. На её основе разрабатывают инновационные продукты – «зелёное» соевое молоко, тофу, лапшу (Zeipir̃a S. et al., 2017), а также функциональное пробиотическое молоко с культурами *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium animalis* и *Streptococcus thermophilus* (Battistini C. et al., 2018).

Овощная соя (эдамаме) отличается от зерновой сои более высоким содержанием белка, сахаров, пищевых волокон, кальция, железа, фосфора и

изофлавонов, а также коротким временем приготовления. Содержание белка в её бобах составляет 29,8–38 %, жиров – 6–21,9 %, зольных веществ – 4,21–4,88 % (Петибская В. С., 2012; Lee J. W. et al., 2012; Xu Y. et al., 2015). Основными сахарами являются сахароза (5,94–12,2 %) и фруктоза (1,61–2,31 %). Органолептические характеристики зелёных бобов сои определяются соотношением водорастворимых метаболитов: сахарозы, аскорбиновой кислоты и свободных аминокислот, среди которых доминируют аланин и глутаминовая кислота (Lee J. W. et al., 2012; Zhang Q. et al., 2017). Липидный компонент семян представлен преимущественно мононенасыщенными жирными кислотами, а низкое содержание ингибиторов трипсина в фазе технической спелости обеспечивает высокую биодоступность белка. Указанные биохимические особенности обосновывают использование эдамаме в качестве сырья для продуктов функционального и диетического назначения.

Высокая нутрицевтическая значимость овощной сои обусловлена накоплением изофлавонов (генистеин, даидзеин, глицитеин), обладающих выраженной фитоэстрогенной активностью. За счёт структурной гомологии с эндогенными эстрогенами данные соединения связываются с эстрогеновыми рецепторами, модулируя гормональный гомеостаз. Указанный механизм обосновывает их применение в качестве нутрицевтических агентов для коррекции менопаузальных расстройств и в составе вспомогательной гормонозаместительной терапии (Gil-Izquierdo A. et al., 2012). Регулярное употребление эдамаме способствует снижению общего холестерина и ЛПНП, уменьшает риск артериальной гипертензии и сердечно-сосудистых заболеваний (Magee P. J. et al., 2012). Кроме того, соевые изофлавоны улучшают минеральную плотность костной ткани, помогая предотвратить остеопороз. Белок эдамаме по эффективности в наращивании мышечной массы и силы сопоставим с сывороточным и другими животными белками, что делает его ценным для спортсменов и приверженцев растительного питания (Messina M. et al., 2018). Также показано положительное влияние изофлавонов на когнитивные функции – память и внимание (Messina M. et al., 2022).

Наконец, благодаря высокому содержанию генистеина, эдамамэ проявляет потенциал в профилактике и подавлении роста гормонозависимых опухолей, включая рак молочной железы и предстательной железы (Huang M. et al., 2014).

Вегетативная масса сои, убираемая в фазе технической спелости бобов, отличается высокой кормовой ценностью: содержит 16–18 % сырого протеина, богата легкоусвояемыми углеводами и витаминами. В 1 центнере соломы содержится около 30 кормовых единиц. Зелёную массу используют для производства кормовой муки и силоса. При составлении рационов её включают в комбикорма в количестве 5–15 %. Применение соевых кормов способствует повышению продуктивности молочного скота: удои могут достигать 5–6 тыс. кг молока в год (Ким В. В., 2016; Мавлянова Р. Ф. и др., 2013).

Корм для птиц, обогащённый изофлавонами сои (в концентрации 3 г/кг корма), способствует улучшению качества тушки бройлеров за счёт снижения содержания жира и уровня холестерина (Villares A. et al., 2011). Нетоварные соевые бобы могут быть переработаны путём ферментации и использованы в качестве кормовой добавки – например, в виде соевых чипсов. Кроме того, ферментированная овощная соевая мука оказывает положительное влияние на иммунную систему цыплят и способствует увеличению доли мышечной массы (Khantaprab S. et al., 2017; Utami M. M. D. et al., 2020).

Вегетативную массу сои эффективно используют в качестве сидерата: после заделки в почву и последующего разложения соя обогащает её значительным количеством питательных элементов – до 120 кг азота, 18 кг фосфора и 120 кг калия на гектар (Mahoussi K. A. D. et al., 2020). Благодаря такому богатому составу соя выступает отличным предшественником для зерновых культур, способствуя повышению урожайности и улучшению плодородия почвы.

1.1.2 Перспективы потребления сои овощной в России

Одной из ключевых особенностей семян сои является их уникальный химический состав, характеризующийся высоким содержанием белка (27–50

%) и масла (15–28 %). Благодаря такому сочетанию питательных веществ соя широко используется как в пищевой промышленности, так и в кормопроизводстве (Ольховатов Е. А. и др., 2015).

Химический состав семян сои в значительной степени зависит от плодородия почвы, условий выращивания, включая количество и качество внесённых удобрений, а также погодные факторы в период вегетации. Соевый шрот обладает высокой кормовой и пищевой ценностью и превосходит шроты подсолнечника и рапса по показателям абсолютной конкурентоспособности. Благодаря богатому профилю незаменимых аминокислот – в первую очередь лизина и метионина – он широко применяется в качестве функциональной добавки как в комбикормовой, так и в пищевой промышленности для сбалансированного обеспечения организма этими важнейшими нутриентами (Гладаренко П. А. и др., 2024; Лёвкина О. В., 2019).

Соевое масло является ценным источником как ненасыщенных жирных кислот – линоленовой, линолевой и олеиновой, которые хорошо усваиваются организмом и способствуют снижению уровня «плохого» холестерина, – так и насыщенных жирных кислот, включая арахисовую, пальмитиновую и стеариновую. Благодаря сбалансированному жирнокислотному составу соевое масло широко применяется в пищевой промышленности: его используют непосредственно в кулинарии, а также в производстве кондитерских изделий и консервов. В промышленных масштабах оно служит ключевым сырьём для изготовления маргарина, майонеза и других жировых продуктов (Салиджанова Ш. Д. и др., 2018).

Одним из важнейших преимуществ сои как бобовой культуры является её способность к биологической фиксации атмосферного азота. Благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями соя способна удовлетворить 60–70 % собственной потребности в азоте, значительно снижая или даже исключая необходимость внесения минеральных азотных удобрений (Бойко Е. Ю., 2019). Это не только повышает экономическую эффективность выращивания, но и способствует экологически устойчивому земледелию.

Соя находит широкое применение в различных отраслях промышленности благодаря своему уникальному химическому составу. Её используют в мыловарении, лакокрасочном производстве, текстильной и химической промышленности. Из сои изготавливают биопластмассы, клеёнку, линолеум, смазочные материалы и множество других товаров повседневного спроса (Назиров Р. М. и др., 2023; Устюгов А. Д. и др., 2012). Помимо технического использования, соя играет ключевую роль в селекционной работе: учёные создают на её основе новые высокобелковые сорта с заданными биохимическими и хозяйственно ценными характеристиками (Зеленцов С. В., 2020). Основными критериями при выведении таких сортов являются содержание белка и масла в семенах, а также их аминокислотный и фракционный состав.

Соевый протеин характеризуется высокой водорастворимостью (85–90 %) и отличной усвояемостью (80–95 %). До 1990 года, согласно прежним методикам оценки качества белка, соевый белок считался менее полноценным по сравнению с животным. Однако в настоящее время основным критерием оценки служит коэффициент усвояемости белка с учётом аминокислотного состава (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score, PDCAAS), который сопоставляет профиль незаменимых аминокислот белка с физиологическими потребностями человека. Исследования подтвердили, что PDCAAS для соевого белка соответствует показателям высококачественного животного белка, что подтверждает его полноценность как источника незаменимых аминокислот. Это открывает широкие перспективы для использования соевого протеина в производстве функциональных пищевых продуктов, кормов и изолятов с высоким содержанием белка (Доморощенкова М. Л. и др., 2010; Фадеева М. Ф. и др., 2017).

Семена сои отличаются богатым витаминным составом: они содержат витамины А, D, С и Е, а также значительное количество витаминов группы В. Так, содержание витамина В₁ (тиамина) в сое превышает его уровень в сухом коровьем молоке почти в 3 раза, а концентрация витамина В₂ (рибофлавина) – в 6 раз выше, чем в пшенице. Помимо витаминов, семена сои содержат 19–22 % масла и до 30 % углеводов, основную долю которых составляют сахара (Дырда

С. В. и др., 2018; Ибрагимова В. И., 2017). Такой сбалансированный состав делает сою ценным продуктом как для пищевой, так и для кормовой промышленности.

Семена сои богаты макро- и микроэлементами, а также минеральными солями, что подчеркивает их высокую пищевую и кормовую ценность. Согласно данным биохимического анализа, в состав соевых семян входят: белок – около 40 %, масло – 20 %, клетчатка – 15 %, сахара – 10 %, минеральные вещества – 6 %, крахмал – 5 %, а также вода и комплекс витаминов (А, В, С, D, Е, К), суммарная доля которых составляет примерно 3 % (Кошкарлова Т. С. и др., 2022).

Установлено, что в белковом комплексе сои преобладают альбумины – их доля может достигать 83 %, тогда как содержание солерастворимых глобулинов составляет около 5 %. Отмечено, что при выращивании сои в условиях повышенной влагообеспеченности наблюдается незначительное увеличение доли водорастворимой фракции белка, в то время как уровни глобулиновой и глютелиновой фракций остаются практически неизменными (Попова Н. П. и др., 2018).

В условиях Северного Кавказа были созданы сортообразцы сои, сочетающие высокое содержание белка (43,4–47,5 %) и масла (19–23 %) с пониженной активностью ингибиторов трипсина – антипитательных веществ, замедляющих ферментативное расщепление белков в процессе пищеварения (Зеленцов С. В., 2005).

Содержание белка в семенах сои определяется совокупностью факторов, включая генотип сорта, почвенно–климатические условия выращивания, обеспеченность растений основными элементами питания, а также режим и продолжительность хранения урожая (Выскварка Г. С. и др., 2015).

В Дальневосточном ГАУ изучали влияние фотопериода (16 и 12 часов света) на белковость и масличность сои с разной продолжительностью вегетации. У позднеспелых сортов сокращение светового дня до 12 часов незначительно снижало содержание белка (на 1 %), тогда как у раннеспелых сортов оно практически не менялось. Что касается масличности, у скороспелых сортов она была максимальной при 16-часовом дне и достоверно снижалась при

12-часовом. У позднеспелых сортов наблюдалась обратная закономерность: их масличность возрастала в условиях короткого дня (Поморова Ю. Ю. и др., 2023).

Соевый протеин обладает сбалансированным аминокислотным профилем и считается полноценным, так как содержит все незаменимые аминокислоты: лизин, триптофан, метионин, фенилаланин, валин, изолейцин, лейцин и треонин. По составу он близок к высококачественному животному белку. Сравнение с эталонными нормами ФАО/ВОЗ (% от требуемого уровня) показывает: лизин – 140,5 %, лейцин – 147,9 %, фенилаланин – 146,4 %, треонин и триптофан – по 121,4 %, валин и изолейцин – по 107,1 %, метионин – 86,4 %. Таким образом, содержание большинства незаменимых аминокислот превышает рекомендованные уровни, особенно лизина, лейцина и фенилаланина. Единственным ограничивающим фактором является дефицит метионина (на 14 % ниже эталона), который легко компенсируется комбинированием сои с метионинсодержащими продуктами (например, кукурузой) или добавлением синтетической метиониновой кислоты (Лысиков Ю. А., 2012; Лукомец В. М. и др., 2013; Попова Н. П. и др., 2018).

1.2 Растительно–микробные системы сои и их значение в земледелии

1.2.1 Влияние предпосевной обработки семян биопрепаратами и микробиологическими удобрениями на продуктивность сои

Овощная соя, как и зерновая, относится к бобовым и вступает в симбиоз с азотфиксирующими бактериями. Для формирования 1 тонны зерна ей требуется около 80 кг азота, из которых 50–60 % поступает за счёт биологической фиксации атмосферного азота (Salvagotti F. et al., 2008; Agoyi E. E. et al., 2017). Эффективный симбиоз возможен только при наличии в почве активных и специфичных штаммов клубеньковых бактерий. Ранее основными симбионтами сои считались представители рода *Rhizobium* (Zakhia F. et al., 2001), однако благодаря развитию молекулярно–генетических методов

систематика была пересмотрена. Сегодня к ключевым симбионтам сои относят: *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii*, *B. liaoningense*, неописанные штаммы *Bradyrhizobium* sp. и *Sinorhizobium fredii*. Эти микроорганизмы коэволюционировали с соей и распространились из её центра происхождения, что подчёркивает их тесную адаптивную связь с растением.

Род *Bradyrhizobium*, впервые описанный Джорданом (Jordan D. C., 1980), изначально включал единственный вид – *B. japonicum* (Jordan, 1982). Однако уже вскоре Hollis A. B. с соавторами (1981) выявили его таксономическую неоднородность, выделив три группы по степени ДНК-гомологии: I, Ia и II. Группа II значительно отличалась от типичных штаммов *B. japonicum* по фенотипическим и генетическим признакам, что привело к описанию нового вида – *Bradyrhizobium elkanii* (Kuykendall L. M. et al., 1992). Позже в Китае из клубеньков культурной сои (*Glycine max*) и её дикого предка (*G. soja*) были выделены чрезвычайно медленно растущие штаммы (время генерации – 16–24 ч), получившие название *Bradyrhizobium liaoningense* (Yanagi M. et al., 1993). Сам вид *B. japonicum* также остаётся гетерогенным: по данным ДНК–ДНК–гибридизации, он включает как минимум две подгруппы – I и Ia. Типичными представителями этих групп являются, соответственно, штаммы NZP 5549T и USDA 110 (Hollis A. B. et al., 1981).

Прорастающие семена и корни сои выделяют флавоноиды, которые распознаются симбиотическими ризобиями. Эти сигнальные молекулы активируют бактериальный регуляторный ген *nodD*, что запускает экспрессию *nod*-генов и синтез липо-хито-олигосахаридных Nod-факторов. Среди *nod*-генов выделяют две группы:

- *nodABC* – консервативные у всех ризобий, кодируют ферменты для формирования базовой структуры Nod-фактора;
- *nodPQ*, *nodH*, *nodEF*, *nodX* и др. – видо- и штамм-специфичные, отвечают за постсинтетические модификации, определяющие специфичность взаимодействия с конкретным бобовым хозяином (Тихонович И. А. и др., 2005).

Nod-факторы инициируют у растения каскад реакций: скручивание корневых волосков, деление клеток и закладку клубеньковой меристемы (Магомедов Р. Д. и др., 2011). Уже через 6–8 часов после инокуляции в месте изгиба волоска под действием растительных пектолитических ферментов локально разрушается клеточная стенка, позволяя бактериям проникнуть внутрь. Формируется инфекционная нить – канал, выстланный растительной мембраной и заполненный полисахаридами, по которому ризобии мигрируют в корневую ткань. Затем они попадают в клетки хозяина путём эндоцитоза и инкапсулируются в мембранные везикулы – симбиосомы, окружённые перибактероидной мембраной (ПБМ). В каждой симбиосоме обычно содержится 5–10 бактерий. Внутри ПБМ ризобии дифференцируются в бактериоиды – увеличенные в несколько раз специализированные формы, способные эффективно фиксировать атмосферный азот (Ferguson B. J., 2013).

В зрелом клубеньке бактериоиды фиксируют атмосферный азот (N_2) с помощью фермента нитрогеназы, превращая его в аммиак (NH_3). Поскольку аммиак токсичен, он сразу ассимилируется в нетоксичные соединения – глутамин, аспарагин или уреиды (в зависимости от вида бобового), которые затем транспортируются по растению для синтеза аминокислот, нуклеотидов и других азотсодержащих метаболитов. Нитрогеназа крайне чувствительна к кислороду, поэтому клубеньки создают микроаэрофильные условия:

- физические и метаболические барьеры ограничивают поступление O_2 извне;

- в инфицированных клетках синтезируется леггемоглобин, который связывает свободный кислород, поддерживая его низкую, но достаточную для дыхания бактериоидов концентрацию.

Эта тонкая регуляция обеспечивает оптимальную среду для эффективной биологической фиксации азота (Ferguson B. J., 2013).

Клубеньки сои (*Glycine max*) относятся к детерминантному типу: они сферические и не имеют сохраняющейся апикальной меристемы, в отличие от индетерминантных клубеньков, характерных для многих бобовых умеренных

широт. Их функциональная активность длится несколько недель, после чего они теряют способность фиксировать азот и постепенно деградируют. Динамическое обновление клубеньковой системы в меристематических зонах корней поддерживает симбиотическую азотфиксацию на протяжении всего онтогенеза растения. При естественном отмирании нодулей бактериоды деференцируются, переходя в свободноживущее состояние и пополняя почвенный резервуар ризобий, что создаёт устойчивый инокуляционный фон для последующих культур севооборота (Ferguson B. J., 2013).

Трансформации азота в ризосфере сои сопровождаются эмиссией закиси азота (N_2O), обладающей высоким парниковым потенциалом. Установлено, что преимущественным источником данного газа выступает минерализация симбиотических клубеньков: согласно S. Inaba и соавт. (2009), выделение N_2O происходит исключительно на стадии деградации клубеньковой ткани, тогда как интактные корни существенного влияния на процесс не оказывают. Эмиссия носит пролонгированный характер и фиксируется не только в послеуборочный период, но и на заключительных этапах онтогенеза – от фазы созревания бобов до естественного отмирания надземной фитомассы (Akiyama H. et al., 2016; Inaba S. et al., 2012; Yang L. et al., 2005). Это указывает на то, что процесс деградации клубеньков, запускающийся ещё до завершения вегетационного периода, играет ключевую роль в формировании N_2O -эмиссии в соевых экосистемах.

Биологическая фиксация атмосферного азота (N_2) сама по себе не образует закись азота (N_2O), однако азот, накопленный в клубеньках, становится косвенным источником N_2O при их разложении. В ходе деградации органический азот минерализуется до аммония (NH_4^+), который затем вовлекается в микробные процессы нитрификации и денитрификации – основные пути образования N_2O . В ризосфере разлагающихся клубеньков сои наблюдается рост численности нематод, простейших и грибов (Inaba S. et al., 2009), что указывает на участие не только бактерий, но и микро- и мезофагов в трансформации азота и опосредованном влиянии на эмиссию N_2O . Образовавшийся N_2O может либо выделяться в атмосферу, либо

восстанавливаться до молекулярного азота (N_2) – конечного продукта полной денитрификации (Sameshima-Saito R. et al., 2004, 2006). Таким образом, интенсивность N_2O -эмиссии при разложении клубеньков зависит не только от состава органического вещества, но и от сложного взаимодействия биотических факторов, включая структуру и активность микробного сообщества (Inaba S. et al., 2012).

Соя активно использует азот для синтеза азотсодержащих соединений, в первую очередь аминокислот и белков, которые необходимы для роста, развития и формирования урожая. После уборки значительная часть азота остаётся в поле в виде корневых остатков, клубеньков и других растительных тканей, обеспечивая азотное наследие для последующих культур в севообороте. При инокуляции сои эффективными штаммами *Bradyrhizobium* общее количество биологически фиксированного азота, возвращаемого в почву, может достигать 337 кг на гектар (Salvagotti F. et al., 2008). Этот вклад существенно повышает плодородие почвы и снижает потребность в минеральных азотных удобрениях при выращивании последующих сельскохозяйственных культур.

Соя формирует функциональный симбиоз с рядом специфичных клубеньковых бактерий, включая *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii*, *B. liaoningense*, *Mesorhizobium tianshanense*, а также виды рода *Sinorhizobium* (*Ensifer*), такие как *S. fredii* и *S. xinjiangense*. Для повышения урожайности и качества семян широко применяется инокуляция семян препаратами на основе эффективных штаммов этих симбионтов. Исследования подтверждают, что обработка семян (в дозе 10 г препарата на 1 кг семян) стимулирует клубенькообразование, усиливает биологическую фиксацию азота и улучшает рост растений (Agoyi E. E. et al., 2016, 2017; Zhang Q. et al., 2017; Yan W. et al., 2014). Инокуляция особенно важна в регионах, где указанные ризобии отсутствуют в почве, или при выращивании сои на полях, ранее не занятых этой культурой. В таких условиях применение инокулянта в рекомендованной дозе обеспечивает надёжное заселение корней эффективными симбионтами,

предотвращает нарушения клубенькообразования и гарантирует высокую азотфиксационную активность.

Основной регион возделывания сои в России – Дальний Восток; в небольших объёмах культура выращивается также в Центрально-Чернозёмном районе и на Северном Кавказе. В почвах Дальнего Востока, естественно, присутствуют аборигенные штаммы клубеньковых бактерий, преимущественно *Bradyrhizobium japonicum* и *Sinorhizobium fredii*. Во Всероссийском НИИ сои создан генетический фонд чистых культур ризобий, нодулирующих сою, включающий эти два основных вида. Исследования показали, что соя способна формировать функциональный симбиоз и с другими видами, в частности с *Bradyrhizobium elkanii*, изначально выделенными из клубеньков фасоли золотистой (*Phaseolus vulgaris*) и вигны (*Vigna* spp.). Наибольшей вирулентностью (90–100 %) при инокуляции сои обладали штаммы Ву-2, Ву-4, Ву-11, Вр-1, Вр-4, Вр-5 и ФЗ-22 (Якименко М. В. и др., 2018), что делает их перспективными для разработки микробиологических препаратов, направленных на повышение эффективности симбиотической азотфиксации.

Почвы Центральной части Нечернозёмной зоны, куда активно расширяется соя, не содержат природных популяций клубеньковых бактерий, специфичных для этой культуры. Поэтому при выращивании сои на ювенильных (ранее не занятых бобовыми) почвах инокуляция семян обязательна. Опыт возделывания овощной сои в странах с прохладным климатом (Канада, Швеция) показывает, что *Bradyrhizobium japonicum* плохо сохраняется в почве – его выживаемость в течение нескольких лет крайне низка из-за неблагоприятных температур и отсутствия растений-хозяев в межсезонье (Fogelberg F. et al., 2021). Следовательно, инокуляцию следует проводить непосредственно перед посевом. Длительное хранение или транспортировка уже обработанных семян снижает жизнеспособность ризобий, что уменьшает эффективность клубенькообразования и, как следствие, урожайность.

Исследование взаимодействия сортов овощной сои (*Glycine max*) – Bohemians, Tundra, Silesia и SL960663 – с клубеньковыми бактериями в условиях умеренного климата Швеции показало, что инокуляция штаммами *Bradyrhizobium japonicum* (E11, E102, E367) и коммерческим препаратом HiStick обеспечивала клубенькообразование у всех сортов. Все изученные сорта демонстрировали удовлетворительный рост и развитие, однако выявились специфические особенности совместимости с отдельными штаммами: сорт Silesia успешно взаимодействовал со всеми испытанными инокулянтами; сорт Bohemians показал наилучшее развитие при инокуляции штаммами *B. japonicum* E11 и E109; сорт SL960663 наиболее эффективно формировал симбиоз с штаммом E367 и коммерческим препаратом HiStick; сорт Tundra продемонстрировал оптимальный рост при использовании штамма E11. Достоверных различий в эффективности клубенькообразования между чистыми культурами *B. japonicum* и HiStick обнаружено не было (Fogelberg F. et al., 2021).

Эффективность коммерческого инокулянта HiStick® Soy (*Bradyrhizobium japonicum*) исследовал Jarecki W. (2020). Инокуляция достоверно увеличила как количество клубеньков (в среднем 20,3 на растение против 0,55 в контроле), так и их сухую массу. Число клубеньков варьировало по годам, вероятно, из-за погодных условий. Применение HiStick® Soy также повысило число бобов на растении и обеспечило прибавку урожайности 0,58 т/га. Схожие результаты получили Adjetey J. (2019) и Pannecoucq J. с соавторами (2018), отмечая значительный рост урожайности при использовании инокулянтов на основе *B. japonicum*. Saratana N. и др. (2017) зафиксировали прирост урожайности на 3,76 %. Однако эффект не всегда выражен: López-García S. L. с соавторами (2009) и El-Sheekh M. с коллегами (2017) показали, что улучшение клубенькообразования не всегда сопровождается достоверной прибавкой урожая или повышением содержания азота в семенах. Таким образом, эффективность инокуляции зависит от сорта,

почвенно-климатических условий и совместимости между растением и штаммом симбионта.

Исследований, посвящённых влиянию биопрепаратов на урожайность овощной сои, крайне мало. В то же время имеется достаточно убедительная научная база, подтверждающая эффективность инокуляции у зерновой сои. Согласно закону гомологических рядов в наследственной изменчивости, сформулированному Н. И. Вавиловым, «генетически близкие виды и роды характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой закономерностью, что, зная спектр форм внутри одного вида, можно предсказать наличие параллельных форм у других видов и родов». Поскольку овощная и зерновая соя относятся к одному и тому же биологическому виду – *Glycine max*, – результаты исследований, полученные для зерновой сои, с высокой степенью достоверности могут быть экстраполированы на овощную форму.

Fornasero L. V. и Toniutti M. (2016) исследовали влияние микробных препаратов на основе *Bradyrhizobium japonicum* на урожайность сои. В эксперименте сравнивались следующие варианты: контроль (без инокуляции); инокуляция штаммом *B. japonicum*; совместное применение *B. japonicum* и Nod-факторов; инокуляция *B. japonicum* в сочетании с фунгицидами тирамом (35 % мас./об.) и карбендазимом (15 % мас./об.) в норме 2 мл на 1 кг семян. Результаты показали, что все инокулированные варианты обеспечивали более высокую урожайность по сравнению с контролем: прирост составил от 3,5 % до 10,8 %. Наибольший эффект – увеличение урожайности на 10,8 % – был зафиксирован при совместном применении *B. japonicum* и Nod-факторов.

Solomon T. и соавторы (2012) изучали влияние комбинации двух штаммов *Bradyrhizobium japonicum* – TAL 378 и TAL 379, нанесённых на торфяной носитель, на клубенькообразование и продуктивность сои. Результаты показали, что штамм TAL 379 обеспечивал достоверно более высокое количество клубеньков по сравнению как с штаммом TAL 378, так и с неинокулированным контролем. В то же время TAL 378 вызывал лишь незначительное клубенькообразование у всех исследованных сортов и

статистически не отличался от контроля. Установлено также, что эффективность инокуляции зависит от генотипа сои. Наибольшее количество клубеньков (13,47 шт./растение) наблюдалось при взаимодействии сорта Cheri со штаммом TAL 379. Более того, независимо от сорта, инокуляция штаммом TAL 379 способствовала максимальному накоплению сухого вещества.

Akley E. K. с соавторами (2022) изучили влияние штаммов *Bradyrhizobium japonicum* на рост и урожайность сои. Штамм USDA 110 (входит в инокулянты NoduMax и Biofix) превосходил штамм 532с (Legumefix) в тропических условиях по развитию растений и продуктивности, демонстрируя лучшую адаптацию к жаркому климату. Согласно данным Zhang H. et al. (2002), симбиотическая эффективность ризобий строго детерминирована температурным режимом. В условиях пониженных температур штаммы 532с, USDA 30 и USDA 31 сохраняют высокую инфекционность и нодуляционную активность, тогда как конкурентоспособность USDA 110 в аналогичных условиях резко снижается. Выявленная вариативность термоадаптивных свойств обосновывает принцип селективного подбора инокулянтов под конкретные почвенно-климатические параметры региона, что выступает обязательным требованием при проектировании адаптивных агротехнологий сои.

В работе M. Veronesi (2014) экспериментально подтверждена эффективность ассоциативной инокуляции сои штаммами *Rhizobium* и *Pseudomonas fluorescens*. Совместное применение микроорганизмов увеличило число функциональных клубеньков на 40 % относительно контроля, превысив эффект моноинокуляции (+32 %). Данный результат обусловлен функциональной комплементарностью штаммов: симбиотическая азотфиксация дополняется продуцированием псевдомонадами сидерофоров и фитогормонов, оптимизирующих ризосферное питание. Комбинированная обработка обеспечила максимальную урожайность (29,88 ц/га, 116 % к контролю), тогда как применение только *Rhizobium* дало 26,25 ц/га (102 %). При этом моноинокуляция сопровождалась снижением надземной фитомассы на 2 % за счёт перераспределения ассимилятов в репродуктивные органы, а

ассоциативная обработка стимулировала её прирост на 22 %, что подтверждает синергетический характер ризобиально-бактериального консорциума.

Соя образует везикулярно-арбускулярную микоризу с грибами рода *Glomus* (Nicol. & Gerd.), которые улучшают усвоение фосфора и повышают устойчивость растений к засухе, фитопатогенам, кислотности почвы и температурным стрессам (Barrera S. et al., 2010). Tarnabi Z. M. с соавторами (2020) показали, что совместная инокуляция семян сои штаммом *Bradyrhizobium* и спорами *Glomus mosseae* обеспечила максимальную урожайность – 28,27 ц/га у сортов INIAP-307 и P-34. В контроле (без инокуляции) урожайность была значительно ниже: 23,37 ц/га и 22,60 ц/га соответственно. Эффект объясняется синергией между микоризными грибами и клубеньковыми бактериями, которые совместно усиливают питание, водный режим и стрессоустойчивость растений (Corbera J. et al., 2013).

Подобные исследования по инокуляции семян сои штаммом клубеньковых бактерий *Bradyrhizobium japonicum* 206 (ВКПМ В-9505), вирулентным к районированным сортам, были проведены Правдиным В. Г. с соавторами (2011). Результаты показали, что при двойной инокуляции (с использованием как *B. japonicum*, так и микоризных грибов) урожайность превысила показатели варианта, где применялся только *B. japonicum*, на 0,93 т/га. Аналогичные данные получены Corbera J. с соавторами (2004): совместное применение *Bradyrhizobium japonicum* и инокулянтов на основе микоризогенных грибов рода *Glomus* обеспечило прирост урожайности сои на 13,76 % по сравнению с контролем. Этот эффект оказался сопоставим с результатом от внесения азотных удобрений в дозе 120 кг N/га. Наибольшая активация продукционных процессов отмечена при совместной предпосевной обработке семян препаратом *Bradyrhizobium japonicum* (культивирование на среде, обогащённой Nod-факторами) и инокулянтом некорневой микоризной ассоциации. Синергизм данных микробных компонентов обеспечил достоверную прибавку урожайности на 25,64 % относительно контроля, что обосновывает эффективность комплексных биотехнологических решений для реализации симбиотического потенциала сои.

В исследованиях Corbera J. (1998) установлено, что совмещённая предпосевная обработка сои арбускулярным грибом *Glomus hoi-like* и штаммом *Bradyrhizobium japonicum* способствует увеличению числа бобов, наполненности семян и массы 1000 шт. Однако максимальная урожайность (28,27 ц/га) достигалась при отдельном внесении микоризного компонента, тогда как инокуляция только *B. japonicum* и комбинированный вариант показали более низкие значения (27,27 и 26,65 ц/га). Отсутствие аддитивного эффекта при двойной обработке свидетельствует о вероятном конкурентном взаимодействии микроорганизмов в ризосфере. Данный результат подчёркивает важность оценки экологической совместимости штаммов при создании многокомпонентных инокулянтов для бобовых культур.

В исследованиях Clua A. et al. (2013) установлено, что совместное применение штаммов *Bradyrhizobium* spp. и арбускулярных микоризных грибов улучшает морфометрические параметры сои: увеличиваются высота растений, диаметр стебля и накопление сухой биомассы. Эффект связан с формированием разветвлённой гифальной сети, расширяющей поглощающую поверхность корней и оптимизирующей фосфорное и водное питание, особенно в условиях влагодефицита (Porcel R. et al., 2005). При этом микоризация стимулирует симбиоз с ризобиями: в варианте двойной инокуляции достоверно возрастает число и масса клубеньков *B. japonicum*, что отражает синергетическое взаимодействие симбионтов и усиление биологической азотфиксации.

Комбинированная инокуляция сои штаммами *Bradyrhizobium japonicum* и арбускулярными микоризными грибами обеспечивает синергетическое улучшение азотного и фосфорного питания растений. Активация симбиотической азотфиксации дополняется расширением поглощающей поверхности корней за счёт гифального аппарата микоризы, что интенсифицирует усвоение фосфора и стабилизирует водный обмен (Clua A. et al., 2013). Совместное внесение инокулянтов увеличивает число клубеньков на 20 % относительно контроля. Несмотря на отсутствие достоверных изменений в количестве семян на боб, обработка стимулирует закладку репродуктивных

органов, повышая число бобов на единицу площади посева. Прирост урожайности при моноинокуляции *B. japonicum* составил 16 %, тогда как комплексная обработка увеличила продуктивность на 20 %, что подтверждает взаимное потенцирование симбиотических функций ризобий и микоризы.

Перспективным подходом в биологизации технологий возделывания сои является применение комплексных инокулянтов. Препарат Ризолайн® (разработка «БТУ-Центр») включает консорциум четырёх штаммов *Bradyrhizobium japonicum* и *Rhizobium leguminosarum* в соотношении 1:1 (по 50±20 % каждого). Его агробиологический потенциал раскрывается при совместном использовании с биопротектором Ризосейв®, стабилизирующим ризосферный микробиоценоз. Эффективность комбинации обусловлена ускоренной колонизацией корневой системы и интенсификацией нодуляции, сопровождаемой защитой штаммов от лимитирующих факторов. Компоненты биопротектора снижают стрессовое воздействие протравителей и конкурентное давление автохтонной почвенной микрофлоры в критические фазы, что обеспечивает высокую выживаемость инокулянтов и стабильную симбиотическую активность в полевых условиях (URL: <https://btu-center.com/ru/promisloviy-sektor/rastenievodstvo/b-o-nokulyanti/bioinokulyant-rizolayn-r-bioprotektor-rizoseyv-r/>).

Перспективным направлением биологизации технологий возделывания бобовых культур выступает применение многокомпонентных микробных консорциумов с комплементарными функциями. Препарат Микофренд® объединяет арбускулярные микоризные грибы (*Glomus* sp.), антагонистическую *Trichoderma harzianum*, штаммы *Streptomyces* sp. и *Pseudomonas fluorescens*, а также фосфатмобилизующие бактерии (*Bacillus* spp., *Enterobacter* sp.). В формуляцию дополнительно включены биостимулирующие метаболиты: фитогормоны, витамины, аминокислоты и природные фунгициды. Комплексное действие компонентов направлено на оптимизацию фосфорно-азотного питания, формирование защитного микробного барьера и стимуляцию морфогенеза корневой системы. Тем не

менее, практическая эффективность подобных полифункциональных инокулянтов требует обязательной полевой верификации с учётом генотипической специфики культуры, почвенно-климатических условий и агротехнических параметров применения (URL: <https://snpk.in.ua/ru/mikofrend1/>).

В полевых исследованиях Хмельницкой ГСХОС (Институт кормов и сельского хозяйства Подолья НААН) установлена эффективность комплексной инокуляции сои: совместное применение препарата Ризолайн® (2,0 л/т) и биопротектора Ризосейв® (2,0 л/т) повысило биометрические показатели растений на 15 % относительно контроля. Интеграция микоризного компонента Микофренд® (1,5 л/т) обеспечила кумулятивный прирост компонентов структуры урожая на 5–19 %, давая дополнительную прибавку до 5 % по сравнению с двухкомпонентной схемой. Указанные результаты подтверждают агротехническую целесообразность использования многокомпонентных ризобияльно-микоризных консорциумов для регуляции морфогенеза и продуктивности сои в системах интенсивного земледелия. По результатам учёта урожайности установлено, что обработка семян препаратами Ризолайн® (2 л/т) и Ризосейв® (2 л/т) обеспечивает прирост урожайности сои на 0,45 т/га по сравнению с контролем. При включении в схему обработки также Микофренд® (1,5 л/т) этот прирост возрастает до 0,58 т/га (URL: <https://btu-center.com/ru/promisloviy-sektor/rastenievodstvo/b-o-nokulyanti/bioinokulyant-rizolayn-r-bioprotektor-rizoseyv-r/>).

Исследования, проведённые Винницким национальным аграрным университетом, показали, что совместная обработка семян сои инокулянтом Ризолайн® (2 л/т), биопротектором Ризосейв® (2 л/т) и комплексным микоризным биопрепаратом (1 л/т) оказывает положительное влияние на морфологические и продуктивные признаки растений. Так, высота растений увеличилась на 3 см, а высота прикрепления нижних бобов – на 2,7 см, что способствует снижению потерь при уборке урожая. Также отмечено увеличение листовой поверхности, что благоприятно сказалось на

формировании ключевых элементов структуры урожайности: количестве бобов на растении, числе семян в бобе и массе 1000 семян. Прирост урожайности при использовании только Ризолайн® и Ризосейв® составил 0,33 т/га по сравнению с контролем. Добавление микоризного биопрепарата в норме 1 л/т повысило этот показатель до 0,49 т/га. Таким образом, комбинированное применение всех трёх препаратов обеспечило дополнительный прирост урожайности на 0,16 т/га по сравнению с вариантом, включающим лишь инокуляцию *Bradyrhizobium* и защиту биопротектором (URL: <https://soz.bio/ehffektivnost-kompleksnogo-mikoriznogo-preparata-v-tekhnologii-vyrashchivaniya-soi/>).

В многолетних опытах Ferraris G. и Couretot L. (2014) было показано, что совместная инокуляция сои штаммом *Bradyrhizobium japonicum* и микоризными грибами способствует достоверному повышению урожайности. Средняя урожайность в инокулированных вариантах за период исследований составила 40,25 ц/га. Помимо увеличения продуктивности, у инокулированных растений отмечалось значительное возрастание количества клубеньков и накопление сухого вещества, что свидетельствует об усилении как азотфиксирующей, так и фосфорусваивающей активности симбиотических микроорганизмов.

Осина Е. А. (2017) изучила влияние на сою ризоторфина (*Rhizobium japonicum*, штамм 626а), арбускулярных микоризных грибов (*Glomus intraradices*, штамм 8) и комплексного микробного удобрения Бисолби Микс – субстрата на основе осадка свеклосахарного производства, инокулированного теми же штаммами плюс фитостимулирующими ризосферными бактериями. Инокуляция микоризой значительно усилила клубенькообразование: количество клубеньков выросло, а их масса увеличилась в 1,3–2,4 раза по сравнению с контролем. Уровень нодуляции составил 45,6 % против 31,8 % в контроле. Дополнительное применение ризоторфина (штамм 626а) дало дальнейший прирост функциональной активности симбиоза, повысив эффективность биологической фиксации азота.

Инокуляция сои комплексным микробным удобрением Бисолби Микс оказалась значительно более эффективной по сравнению с отдельным применением клубеньковых бактерий и микоризных грибов. В этом варианте количество клубеньков на растение превысило контрольный показатель в 2,2 раза, а степень нодуляции достигла 95,6 %. Масса клубеньков составила 145,6 кг/га, что в 6,4 раза превышает значение в контроле и на 1,3–2,6 раза выше, чем при инокуляции только клубеньковыми бактериями или только микоризными грибами. Улучшение функционирования симбиотической системы положительно отразилось на элементах структуры урожайности: число бобов на растении увеличилось на 12,2 %, количество семян – на 29,0 %, масса семян одного растения возросла в 1,3 раза по сравнению с контролем. Биологическая урожайность в варианте с Бисолби Микс составила 2,89 т/га, что в 1,53 раза (или на 53 %) превышает показатель контрольного варианта (Осина Е. А., 2017).

Соя способна вступать в симбиоз с бактериями *Sinorhizobium fredii* – аборигенными микроорганизмами Азиатского региона. Первые штаммы *S. fredii* были выделены из почвенных образцов, собранных в нескольких провинциях Китая. Эти штаммы эффективно формировали азотфиксирующие клубеньки на корнях традиционных азиатских сортов сои, однако не устанавливали продуктивного симбиоза с американскими сортами. Впоследствии из различных регионов Китая и Вьетнама были выделены новые штаммы *S. fredii*, демонстрирующие высокую симбиотическую эффективность не только с местными, но и с интродуцированными сортами сои. Их применение обеспечивало значительное повышение продуктивности культуры за счёт усиленной биологической фиксации атмосферного азота (Якименко М. В. и др., 2020).

В 2002–2003 гг. на экспериментальных станциях Лас-Торрес-Томехиль и Ла-Орден были проведены полевые испытания с целью оценки симбиотической эффективности ряда штаммов *Sinorhizobium fredii*. Все исследованные штаммы – НН28, НН29, ВХ1, ВХ8, НН103, НВ1, НВ14, НВ21, ВВ4, С1, С5, С6, С17, С18, С29, С30, С31, С51 и SMН12 – продемонстрировали способность к

образованию симбиоза с соей и обладали выраженной азотфиксирующей активностью. Тем не менее, ни один из них не превзошёл по эффективности фиксации азота эталонный штамм *Bradyrhizobium japonicum* USDA 110. Сравнительный анализ штаммов *Sinorhizobium fredii* выявил лидирующую симбиотическую активность штамма SMH12, обеспечивающего интенсивное клубенькообразование и высокую продуктивность растений. Указанные характеристики обосновывают его перспективность для практического применения в технологиях инокуляции сои (Albareda M. et al., 2009).

В полевых условиях установлено, что быстрорастущие ризобии обеспечивают стабильную продуктивность сои, однако исход их конкурентного взаимодействия в ризосфере определяется почвенным pH и генотипом растения-хозяина. В щелочных почвах преобладают штаммы *Sinorhizobium fredii*, отличающиеся высокой выживаемостью и нодуляционной активностью, тогда как в умеренно кислых агроценозах доминирует *Bradyrhizobium japonicum*. Практическое использование перспективных штаммов *S. fredii* ограничивается плотностью аборигенной микрофлоры: при фоновой численности местных популяций *B. japonicum* свыше 10^3 кл/г почвы колонизация корней инокулянтными штаммами существенно подавляется (Albareda M. et al., 2009). Данный факт обосновывает необходимость предварительной оценки микробиологического статуса почв при региональном подборе биопрепаратов.

Lucas J. A. с соавторами (2004) исследовали совместное действие штамма *Sinorhizobium fredii* SMH12 и ризобактерий, стимулирующих рост растений (PGPR). При отдельной инокуляции *S. fredii* наблюдалась высокая эффективность клубенькообразования и накопления азота. PGPR, в свою очередь, вырабатывали фитогормоны (в основном ауксины и гиббереллины), что модифицировало корневую систему, увеличивало её поверхность и улучшало поглощение питательных веществ, включая азот. Однако при совместной инокуляции между PGPR и *S. fredii* возникала конкуренция, снижающая эффективность симбиоза. Характер взаимодействия – синергизм или антагонизм – зависит от этапа симбиотического процесса (заражение, формирование клубеньков или

азотфиксация), конкретного штамма PGPR и условий применения. Поэтому, PGPR могут как усиливать, так и подавлять симбиотическую азотфиксацию.

В литературе активно обсуждается целесообразность применения азотных удобрений под сою при одновременной инокуляции биопрепаратами. По этому вопросу существуют противоречивые данные: одни исследования подтверждают положительный эффект от совместного использования (Надежкина Е. В., 2006; Никитишен И. И. и др., 2008), другие демонстрируют снижение продуктивности растений на фоне внесения азота (Онищенко Л. М., 2016). В исследованиях S. Adeyeye и соавт. (2017) установлено, что совместное применение ризобийных инокулянтов и минерального азота модулирует интенсивность биологической азотфиксации. Экспериментально определены пороговые дозы экзогенного азота, не ингибирующие нодуляцию, что обосновывает возможность их использования в системах комбинированного питания сои.

Предпосевная инокуляция сои стимулирует клубенькообразование, однако избыточное минеральное азотное питание ингибирует развитие симбиотического аппарата. Согласно данным S. Adeyeye и соавт. (2017), максимальная нодуляционная активность достигается при сочетании инокулянтов с умеренными дозами азота (20 кг д.в./га), что на 12,6 % превосходит показатель варианта $N_{60}P_{60}K_{60}$. Аналогично высокий уровень симбиоза сохраняется на фосфорно-калийном фоне ($P_{60}K_{60}$). Указанная динамика обусловлена эффектом нитратного подавления: избыток доступного азота индуцирует переключение метаболизма растения на прямое усвоение нитратов, снижая энергозатраты на поддержание биологической фиксации. Так, Као Т. С. и Lin A. С. (1984) показали, что внесение азота в нормах 20–50 кг/га приводит к потемнению окраски листьев (до тёмно-зелёной), резкому снижению числа клубеньков и уменьшению эффективного коэффициента клубеньков. Wang С. Т. (1988) сообщил, что при инокуляции без внесения азота количество клубеньков было в 30 раз выше, чем при одновременном применении азотных удобрений. Кроме того, клубеньки в варианте без азота были крупнее и тяжелее, тогда как при внесении азота они оказывались мельче, светлее и менее многочисленными;

при этом их число продолжало снижаться по мере увеличения нормы азота. Тем не менее, Adeye S. и соавторы (2017) установили, что умеренная доза азота (21 кг/га) в сочетании с инокуляцией повышает урожайность овощной сои на 14,3–22,7 %, демонстрируя, что при грамотном нормировании азотные удобрения могут дополнять, а не подавлять симбиотическую фиксацию.

Исследования подтверждают, что инокуляция семян сои препаратами, содержащими *Bradyrhizobium japonicum* и *Sinorhizobium fredii*, оказывает положительное влияние на рост, развитие и продуктивность культуры. Целесообразно применение биопрепаратов в условиях, когда нативные штаммы симбиотических ризобий отсутствуют в почве или представлены в недостаточном количестве для эффективного клубенькообразования. Совместное использование клубеньковых бактерий и микоризообразующих грибов способствует улучшению структуры урожая и повышению продуктивности сои. Совместная инокуляция клубеньковыми бактериями и ризосферными микроорганизмами (например, PGPR) в определённых условиях может привести к конкурентным взаимодействиям, которые снижают синергетический эффект и не обеспечивают прироста урожайности.

1.2.2 Значение обработки семян сои перед посевом микробиологическими удобрениями и биопрепаратами в оптимизации их биохимического состава

Биопрепараты оказывают заметное влияние на химический состав семян сои. По данным Осина А. А. (2009), моноинокуляция препаратом *Ризоторфин* (штаммы *Bradyrhizobium japonicum* 646а и 653а на торфяной основе) повысила содержание белка в семенах на 0,4–1,4 %, одновременно снизив долю жира на 0,3–0,5 % по сравнению с контролем. При совместной инокуляции ризобиями и арбускулярными микоризными грибами (*Glomus intraradices*, штамм 8) с использованием препарата Бисолби-Микс содержание белка достигло 41,8 % (на 2,5 % выше контроля), а жира – снизилось на 0,7 %. Суммарный сбор белка

и жира составил 1141 кг/га, что в 1,7 раза превышает показатель контроля. Кроме того, оба препарата способствовали увеличению доли легкорастворимых белков за счёт роста содержания альбуминов – до 83,1 %.

Balas S. с соавторами (2021), исследуя влияние инокулянта *Nitragin BAS* на биохимический состав семян сои, установили достоверное увеличение содержания белка. При этом обработка не оказала значимого влияния на содержание масла – его уровень в инокулированных вариантах остался сопоставимым с контролем (без инокуляции).

Jarecki W. (2020), исследуя влияние инокулянта *HiStick® Soy*, содержащего штамм *Bradyrhizobium japonicum*, отметил повышение как содержания белка в семенах сои, так и общего выхода белка. При этом уровень сырого жира в семенах не изменился по сравнению с контролем. Аналогичные результаты получены Szpunar–Krok E. и Wondolowska–Grabowska A. (2022): инокуляция *B. japonicum* способствовала увеличению урожайности сои до 48 % и выхода масла – на 19 %. У инокулированных растений наблюдалось повышение доли ненасыщенных жирных кислот в масле – омега-3 и α -олеостеариновой кислоты, что свидетельствует об улучшении его качественного состава.

В исследованиях Carciochi W. D. с соавторами (2019) ни инокуляция семян, ни обработка почвы не оказали достоверного влияния на урожайность, содержание белка, масла или аминокислот в семенах сои. Авторы связывают это с наличием в почве устоявшейся и эффективной аборигенной популяции *Bradyrhizobium*, обеспечивающей полноценное клубенькообразование без дополнительных биопрепаратов. Действительно, после инокуляции новых клубеньков не образовалось. Анализируя предшествующие работы (Ham G. E. et al., 1971; Ellis W. R. et al., 1984; Debruin J. L. et al., 2010), авторы отмечают, что инокуляция эффективна в стрессовых условиях – в кислых (pH 4,6–5,6), засушливых или термически экстремальных почвах Бразилии, где выживаемость ризобий ограничена. В их же эксперименте условия были благоприятными: pH 6,1–6,9 и высокое содержание органического азота, что, по мнению исследователей, снижает необходимость в инокуляции. Эту

позицию подтверждают Leggett M. с коллегами (2017): при достаточном уровне доступного азота в почве инокуляция не повышает продуктивность и не изменяет биохимический состав семян.

Kibido T. И другие (2020), сравнивая симбиотическую продуктивность *Sinorhizobium fredii* (штамм SMH12) и *Bradyrhizobium diazoefficiens* (штамм WB74-1), установили, что растения, инокулированные штаммом SMH12, характеризовались более высоким водным потенциалом клубеньков и снижением содержания малонового диальдегида – маркера окислительного стресса – по сравнению с вариантом, инокулированным штаммом WB74-1. Эти данные свидетельствуют о том, что при условиях водного дефицита *S. fredii* способствует повышению стрессоустойчивости симбиотической системы и, как следствие, обеспечивает более высокую продуктивность сои.

Поэтому, применение биопрепаратов при выращивании сои сопровождается закономерными изменениями её биохимических характеристик, включая содержание белка, масла, жирных кислот и вторичных метаболитов.

1.3 Агрономические и биологические параметры сои овощной

1.3.1 Агробиологические особенности культуры

Для успешной интродукции овощной сои в России особое значение имеет изучение продолжительности её вегетационного периода, а также условий, необходимых для эффективного роста, развития и формирования урожая. В онтогенезе сои выделяют следующие фенологические фазы: прорастание семян, появление всходов, разворачивание первого тройчатого листа, начало ветвления, бутонизация, цветение, формирование бобов, налив и созревание семян. Каждой из этих фаз соответствуют определённые этапы органогенеза – всего их двенадцать, – в ходе которых закладываются и развиваются ключевые элементы продуктивности культуры (табл. 1).

Таблица 1. Фенологические фазы, этапы органогенеза сои овощной и формирование элементов её продуктивности

Фенофаза	Этап органогенеза и формирование органов	Формирование элементов продуктивности
Прораствание семян	I. Недеференцированный конус нарастания	Полнота всходов, густота стояния растений
Всходы (до появления первого тройчатого листа)	II. Формирование зачаточных стеблевых листьев, узлов, междоузлий стебля и побегов ветвления	Число листьев и ветвей первого порядка
Первый тройчатый лист	III. В пазухах простых листьев закладываются конусы нарастания второго порядка, продолжается формирование листьев и конусов нарастания осей второго–третьего порядков	Число соцветий
Ветвление	IV. Закладка побегов соцветия (кисти) и зачатков цветков	Число цветков в пазушных соцветиях главного стебля
	V. Формирование органов цветка (двойного околоцветника, андроеца, гинецея)	
	VI. Происходит мейоз в пыльнике и семязпочке, формируются гаплоидные клетки тетрад макро- и микроспор	Общее число цветков, способных к оплодотворению
Бутонизация	VII. Проходит формирование мужского и женского гаметофита, интенсивный рост всех органов цветка, венчик высткпает за пределы чашечки, прочвляется его окраска, увеличивается длина и объём тычиночных нитей и столбика пестика	
	VIII. Завершается формирование всех органов соцветия, происходит опыление и оплодотворение в бутоне, вынос бутона из пазухи прицветника	
Цветение	IX. Раскрытие цветков после оплодотворения, тычинки и столбик увядают, завязь пестика начинает расти	Число оплодотворённых цветков
Формирование плодов	X. Интенсивный рост бобов, начало роста зародыша семян	Общее число и размер бобов
Налив семян	XI. Интенсивный рост семян и дифференцировка зародыша, формирование зародышевых листьев в почке, стенки плода становятся тонкими и менее сочными, створки бобов зелёные	Число и размер семян
Полная спелость	XII. Созревание семян, отмирание растений	

Фаза прорастания (6–9 дней) начинается с набухания семян во влажной почве и завершается появлением всходов. Сначала развивается корешок, затем – гипокотиль, который, изгибаясь дугой, разрывает семенную оболочку и выносит на поверхность сомкнутые семядоли. На начальном этапе семядоли остаются плотно сжатыми и некоторое время находятся в почве, прежде чем раскрыться.

Фаза всходов характеризуется выпрямлением гипокотилия – участка стебля между корневой шейкой и семядольными листьями. В этот период семядоли выходят на поверхность почвы, раскрываются и приобретают зелёную окраску, выполняя функцию первых (ненастоящих) фотосинтезирующих органов. На верхушке стебелька появляются два супротивно расположенных простых примордиальных листа, что знаменует завершение фазы всходов.

Фаза первого тройчатого листа наступает через 12–16 суток после появления всходов и продолжается около 14 дней. В этот период формируется первый настоящий тройчатый лист – характерный признак сои. Последующие листья развиваются поочерёдно, с интервалом 4–7 суток. Продолжительность роста каждого отдельного листа составляет 10–16 суток.

Фаза ветвления начинается на 15–25-е сутки после появления всходов и длится около 13–15 дней. В этот период растение формирует 4–5 тройчатых листьев. В пазухах 4–8-го листьев закладываются почки, из которых развиваются 1–2 (иногда до 3–5) боковых побега первого порядка. На этих побегах при благоприятных условиях образуются ветви второго порядка.

Фаза бутонизации начинается с появления первых бутонов на первом соцветии главного стебля. У раннеспелых сортов бутоны формируются в пазухе третьего листа, тогда как у скороспелых и позднеспелых – на 5–7-м узле. Наступает через 5–7 суток после начала ветвления и частично совпадает с ней по времени.

Фаза цветения растянута во времени и длится 11–15 суток. В этот период не все бутоны раскрываются – часть отмирает и засыхает. Одновременно с цветением продолжается интенсивный рост стебля, боковых побегов, листьев

и корневой системы. К концу фазы цветения на главном стебле формируется от 8 до 16 листьев, а в нижней части растения уже начинается развитие бобов.

Фаза бобообразования у сои начинается до завершения цветения. Условной границей между фазами считают появление увядших цветков на верхушке – к этому моменту на растении уже присутствуют бобы разного возраста. Развитие боба проходит два этапа. На первом этапе интенсивно растут и формируются створки боба, в которых накапливаются пластические вещества; семена в это время ещё не сформированы. К концу этого этапа створки достигают окончательных размеров и содержат максимальное количество пластических ресурсов. Окончанием фазы плодообразования считают начало активного развития семян в бобах верхушечных узлов. К этому времени нижние листья растения обычно желтеют и постепенно отмирают.

В фазе налива семян происходит интенсивный отток ассимилянтов из створок боба к развивающимся семенам. К концу этой фазы в створках сохраняется лишь около 50 % накопленных ранее пластических веществ, остальная часть перераспределяется в семена, обеспечивая их рост и накопление запасных питательных веществ.

Фаза созревания у сои длится 10–15 суток и более. В её начале желтеют листья среднего яруса, постепенно охватывая всё растение. Полная физиологическая зрелость наступает, когда семена во всех бобах приобретают характерную для сорта окраску, твёрдую консистенцию и снижают влажность до 14–19 %. Развитие семени в бобе занимает от 40 до 55 суток. К моменту полной спелости семена завершают формирование во всех бобах, включая верхушечные (Федотов В. А. и др., 2019).

Соя – растение короткого дня: при укороченном световом периоде цветение наступает раньше, а при длинном – задерживается. Эта фотопериодическая чувствительность ограничивает её возделывание узкой географической зоной. Севернее 50⁰ с. ш. урожайность не превышает 50 % биологического потенциала, особенно у позднеспелых сортов, которые сильно реагируют на изменение широты на 1⁰ (Цехмейструк Н. Г. и др., 2016). Длинный

день удлиняет вегетацию, и соя не успевает вызреть, тогда как ранние сорта овощной сои получают достаточную фотопериодическую стимуляцию для формирования урожая. Для инициации цветения достаточно 2–6 дней короткого дня, причём эффект усиливается при сочетании с высокой температурой. Одно из ключевых направлений селекции сои – отбор по рецессивным генам, контролирующим реакцию на продолжительность дня (Popović V. M. et al., 2012).

Длительность вегетационного периода сои генетически контролируется рядом аллелей. Доминантный E1 замедляет цветение и созревание, рецессивный e1 – ускоряет. Аллель e2 дополнительно способствует раннему развитию. Особое значение имеет e3: у гомозиготных по нему сортов слабая фотопериодическая чувствительность, тогда как у растений с доминантным E3 длинный день значительно удлиняет период от всходов до цветения и созревания (Парамонов А. В. и др., 2020; Фадеева Т. С. и др., 1990). В почвенно-климатических условиях Центрального Нечерноземья оптимальный вегетационный период овощной сои ограничен 47–50 сут. Превышение данных сроков, как отмечает Д. Р. Шафигуллин (2019), ведёт к незавершённости формирования урожая в фазе технической спелости вследствие дефицита эффективных температур и риска повреждения растений ранними осенними заморозками. Указанные агроэкологические лимиты обосновывают приоритетное использование скороспелых генотипов как основного условия стабилизации продуктивности культуры в зоне рискованного земледелия.

Прорастание семян сои инициируется при температуре почвы 6–7 °С, однако оптимальное появление всходов наблюдается в диапазоне 20–25 °С. Высокая теплолюбивость культуры обуславливает её чувствительность к возвратным заморозкам, воздействие которых в фазу проростков и начального онтогенеза часто приводит к изреживанию или гибели посевов. Реализация репродуктивного потенциала требует устойчивого поддержания температуры 22–25 °С в период бутонизации–цветения и 20–25 °С на этапах бобообразования и налива. По данным Р. Ф. Мавляновой и соавт. (2013), завершение полного вегетационного цикла требует накопления 1600–2200 °С

эффективных температур, что определяет границы агроэкологического районирования и задаёт вектор селекции на скороспелость.

Влагообеспеченность выступает лимитирующим фактором продуктивности сои. При высокой транспирационной потребности культура проявляет относительную засухоустойчивость: кратковременный почвенный дефицит компенсируется развитой корневой системой и осморегуляцией. Коэффициент транспирации сои варьирует широко, что свидетельствует о высокой адаптивности. Наиболее водоёмкие фазы – прорастание (семена поглощают до 150 % воды от сухой массы), ветвление, начало образования бобов, а также формирование и созревание семян. Однако избыток влаги в период цветения может нарушить завязывание бобов и снизить урожайность. Соя хорошо растёт на большинстве почв, кроме кислых ($\text{pH} < 5,5$), заболоченных, засоленных и солонцовых. Оптимальный pH – 6,0–7,0. Для нормального роста и эффективной работы клубеньковых бактерий необходимы хорошая аэрация и отсутствие переувлажнения. Наилучшее развитие корневой системы и симбиоза наблюдается при плотности почвы 1,10–1,25 г/см³ (Мавлянова Р. Ф. и др., 2013).

Тип роста – ключевой агрономический признак при выборе сорта сои. Он определяется аллелями гена Dt: рецессивный dt обуславливает детерминантный (ограниченный) рост, доминантный Dt – индетерминантный (неограниченный, высокорослый). У детерминантных сортов удлинение главного стебля прекращается в фазу цветения. Они формируют более короткий и компактный стебель, меньше узлов, активно развивают верхушечное соцветие и размещают значительную часть бобов на боковых побегах, что способствует увеличению массы семян (Зеленцов С. В. и др., 2011). Благодаря этим особенностям детерминантные сорта, как правило, обеспечивают более высокую урожайность (Парамонов А. В. и др., 2020; Beaver J. S. et al., 1985) и предпочтительны для механизированного возделывания и регионов с коротким вегетационным периодом.

У детерминантных сортов цветение кратковременное, что делает их уязвимыми к стрессам: при перепадах температуры или засухе возможна потеря цветков и снижение урожайности. Индетерминантные сорта в период цветения продолжают вегетативный рост, формируя больше узлов и одновременно созревающие бобы. Это удлиняет вегетационный период, ограничивая их использование в регионах с коротким сезоном, а высокорослость повышает риск полегания и затрудняет механизированную уборку (Шафигуллин Д. Р., 2019).

Полудетерминантные сорта сои обычно превосходят детерминантные по урожайности и, благодаря удлинённому вегетационному периоду, успешно возделываются даже севернее 55⁰ с. ш., хотя и созревают несколько позже. Совместное выращивание обеих групп позволяет организовать конвейерную уборку: растягиваются сроки работ и повышается эффективность использования техники (Пивоваров В. Ф. и др., 2013; Шафигуллин Д. Р., 2019).

К биологическим особенностям сои относятся окраска семенной кожуры и рубчика. Семена сои характеризуются разнообразием форм пигментации, а цвет семенной кожуры контролируется несколькими генами, взаимодействующими по сложной схеме наследования (табл. 2).

Таблица 2. Гены, контролирующие окраску семени и рубчика у сои
(Kim J. H. et al., 2020)

Ген, сочетание генов	Признак
F1	Коричневые пятна на чёрной семенной коже
M	Чёрная полосчатая пигментация, кожура коричневая
I	Уменьшение интенсивности тёмной окраски: – при скрещивании с тёмноокрашенными сортами, образует серый рубчик; – при скрещивании с сортами с коричневой окраской образует светлый рубчик
ii	Тёмная пигментация рубчика
i	Тёмная пигментация всей поверхности семян
R1	Распределение пигментов в семенной оболочке
r	Распределение чёрного или коричневого пигментов
i+R	Тёмные пятна около рубчика
i+iR	Одноцветные семена
I+R	Одноцветные семена

Для производства функциональных продуктов из сои, как правило, используются сорта со светлой окраской семенной кожуры, поскольку они обеспечивают более высокое качество конечного продукта и лучшие технологические свойства.

К агробиологическим характеристикам сои относятся признаки, определяющие её продуктивность и составляющие элементы структуры урожайности. Эти количественные показатели особенно важны для овощных сортов сои и включают: массу семян с одного растения, массу 1000 семян, количество семян в бобе, число бобов на растении, а также оптимальную густоту стояния. Величина каждого из этих элементов в значительной степени обусловлена генетическими особенностями сорта и условиями возделывания, включая климат, агротехнику и уровень агрофона.

Масса семян с одного растения зависит от общего числа семян на растении, количества семян в бобе и массы 1000 семян. Даже у генетически однородных растений одного сорта, выращенных в одинаковых условиях, этот показатель может различаться до 500 % (Шафигуллин Д. Р., 2019). Ввиду высокой вариабельности для достоверной оценки сортовой продуктивности требуется трёхлетнее испытание селекционных образцов в различных метеорологических условиях (Беккер Х., 2015).

Масса 1000 семян – один из основных компонентов структуры урожайности овощной сои, которая отличается повышенной продуктивностью и формированием более крупных семян (Palada M. C. et al., 2013).

Крупность семян, а следовательно, и масса 1000 семян в значительной степени определяются сортоотипом сои. Так, исследования, проведённые Федеральным научным центром овощеводства, показали, что у овощной сои восточноазиатского происхождения в фазе биологической спелости масса 1000 семян может достигать 220–410 г (Шафигуллин Д. Р. и др., 2017). Семена овощной сои существенно превосходят по массе семена зерновой сои. Например, по данным исследований, выполненных в Северо–Центральной

части США, масса 1000 семян овощной сои составляла 230–250 г, тогда как у зерновой – лишь 140–150 г (Williams M. M., 2015).

В Индии было проведено исследование с участием 12 сортов сои, включая 10 генотипов эдамаме. Результаты показали, что масса 1000 сырых семян у овощных линий составила 442 г, тогда как у зерновых форм – всего 192 г (Ramya V. et al., 2015).

Масса 1000 семян – один из наименее вариабельных признаков: она слабо подвержена модификационной изменчивости (Shafigullin D. R. et al., 2018) и характеризуется высокой наследуемостью (87,96 %; Rutto L. et al., 2018). Размер семян тесно коррелирует с массой свежего боба и влажностью семян (Moseley D. O., 2018). Дефицит влаги в период налива может снизить массу семян на 40 % (Liu Y. F. et al., 2012), тогда как её избыток замедляет налив и также уменьшает конечную массу (Shafigullin D. R. et al., 2018). Оптимальная температура для формирования крупных семян овощной сои – 18–30 °С.

Количество бобов на растении овощной сои зависит от ветвистости, густоты посева и погодных условий. По данным Castoldi R. с соавторами (2009), оно может варьировать от 17 до 29 шт. на растение. Признак обладает высокой наследуемостью (Shilpashree N. et al., 2021), что указывает на его генетическую обусловленность. Согласно Т. Sarutayophat (2012), высота растений сои овощной положительно коррелирует с числом бобов, но отрицательно – с их индивидуальной массой, определяющей товарную ценность продукции. Данная закономерность обусловлена перераспределением ассимилятов: интенсификация вегетативного роста увеличивает количество генеративных органов, однако снижает их крупность. Поэтому высота не может служить самостоятельным индикатором продуктивности и должна оцениваться в системе с другими компонентами структуры урожая при селекции и оптимизации агротехнологий.

Число семян в бобе выступает консервативным компонентом структуры урожая, демонстрирующим отрицательную корреляцию с массой 1000 семян, что ограничивает эффективность прямого отбора по данному признаку. Для овощной

сои европейской части РФ целевым нормативом считается значение $\leq 2,5$ шт./боб при условии сохранения высокой крупности зерна (Shafigullin D. R. et al., 2018). Признак отличается низкой фенотипической пластичностью: абиотические факторы (температурные стрессы, дефицит почвенной влаги) не модифицируют количественное выражение признака, однако способны нарушать процессы налива и созревания отдельных семян (Шафигуллин Д. Р. и др., 2017).

В практике селекции и возделывания сои число продуктивных узлов и среднее количество бобов в узле рассматриваются как ключевые компоненты структуры урожая, служащие косвенными критериями оценки продуктивности генотипов. Установлена высокая положительная корреляция этих признаков с общей семенной продуктивностью: коэффициенты корреляции составляют $r = 0,73$ для числа продуктивных узлов и $r = 0,56$ для среднего числа бобов в узле. При этом масса 1000 семян слабо снижается по мере увеличения числа продуктивных узлов ($r = -0,20$), а со средним числом бобов в узле практически не коррелирует ($r = 0,04$). Оба признака характеризуются высокой стабильностью и слабо подвержены влиянию внешней среды: коэффициенты вариации составляют 34 % для числа продуктивных узлов и 16 % для среднего числа бобов в узле (Shafigullin D. R. et al., 2018).

Густота стояния овощной сои определяется биологическими особенностями сорта, шириной междурядий и погодными условиями. При этом урожайность культуры в значительной степени зависит от плотности посадки. Исследование Rahman M. M. et al. (2011), посвящённое влиянию густоты стояния на элементы структуры урожайности овощной сои, показало, что увеличение плотности растений приводит к снижению таких компонентов, как число бобов на растении, количество семян в бобе и масса 1000 семян, что в конечном итоге негативно сказывается на урожайности. Авторы приходят к выводу, что максимальный урожай овощной сои достигается при плотности посадки 80–100 растений на 1 м². Вместе с тем подчеркивается необходимость учёта сортовых особенностей, условий конкретного сезона и соответствующих агротехнических приёмов.

При расчёте нормы высева важно сохранить крупность семян, не снижая при этом урожайность. Согласно исследованиям (Шафигуллин Д. Р. и др., 2017), оптимальная густота стояния овощной сои достигается при размещении на 1 га около 550 тыс. растений.

Признак «ветвистость» у сои тесно коррелирует с семенной продуктивностью ($r = 0,51$), слабее – с массой 1000 семян ($r = 0,20$) и характеризуется высокой изменчивостью ($V\sigma = 46 \%$). Овощные формы отличаются повышенной ветвистостью, обусловленной большей массой 1000 семян. Кроме того, ветвистость обратно зависит от густоты посева: при меньшей плотности растений на единице площади число ветвей на растении увеличивается (Шафигуллин Д. Р. и др., 2017).

Согласно исследованиям Шафигуллина Д. Р. с соавторами (2017), для повышения урожайности и увеличения размера семян у овощной сои допустимо увеличение числа ветвей, однако оптимальным считается 5–6 ветвей на растение.

Высота растений сои зависит от сорта и условий выращивания. В Центральной части Нечернозёмной зоны овощная соя на 20,6 % ниже зерновой (Шафигуллин Д. Р. и др., 2017). У овощных форм выявлена высокая наследуемость этого признака – 79,22 % (Вишнякова М. А. и др., 2017). По данным Галиченко А. П. с соавторами (2022), в зависимости от погодных условий высота растений колебалась от 26,7 до 62,7 см, число ветвей – 2–3, бобов на растении – 22–31, а урожайность свежих бобов – от 3,3 до 6,6 т/га. При подборе сорта следует учитывать положительную корреляцию между высотой растений и крупностью семян.

1.3.2 Значение и пищевая ценность сои овощной

Биохимический состав сои овощной достаточно variabelен. На него влияют разные факторы, такие как условия выращивания, климат, тип почвы, степень зрелости растений, а также генетические факторы сортотипа.

Соя – одна из самых белковых культур. Овощная соя содержит все 23 аминокислоты, а её белок отличается сбалансированностью и высокой пищевой ценностью. В свежих семенах овощной сои в фазе R6 содержание белка достигает 38 % – на 5–10 % больше, чем в зерновой. Белок накапливается преимущественно на поздних этапах развития и увеличивается к моменту уборки. Уровень белка зависит от погодных и климатических условий: колебания могут достигать 10–15 % (Петибская В. С., 2012). На территории России его содержание увеличивается в направлении с северо-запада на юг и юго-восток (Шафигуллин Д. Р. и др., 2017).

Содержание белка в семенах овощной сои варьирует в зависимости от сорта – от 29,8 до 36,1 % (Lee J. W. et al., 2012; Zeipir̃a S. et al., 2017). Оно также зависит от сроков посева: ранние посевы, как показали испытания в Пакистане, дают семена с пониженным содержанием белка из-за неблагоприятных погодных условий. При этом признак обладает высокой наследуемостью – 79,39 % (Вишнякова М. А. и др., 2018).

Содержание масла в овощной сое ниже, чем в зерновой, и составляет 6–21,9 % на сухое вещество (Петибская В. С., 2012; Lee J. W. et al., 2012; Xu Y. et al., 2015). Основу липидов составляют линолевая (50–60 %) и α -линоленовая кислоты (до 8 %), между которыми наблюдается тесная корреляция (Петибская В. С., 2012). Накопление масла начинается примерно через 40 дней после цветения и стабилизируется до созревания (Teixeira A. I. et al., 2013). Сорта с высоким содержанием жира часто обладают сниженными вкусовыми качествами. При этом масличность семян на 74,62 % определяется генетическими особенностями сорта (Вишнякова М. А. и др., 2018).

Масличность семян положительно коррелирует с урожайностью: чем выше продуктивность сои, тем больше в них масла. Между содержанием белка и масла наблюдается отрицательная корреляция – высокомасличные сорта, как правило, не отличаются высокой белковостью (Петибская В. С., 2012). При селекции овощной сои приоритет отдаётся белковости, что способствует снижению масличности и улучшению вкусовых качеств.

В семенах сои содержатся антипитательные вещества – ингибиторы трипсина Кунитца (KI), белковой природы. Они подавляют протеазы, в основном трипсин или химотрипсин, нарушая гидролиз белков и активацию ферментов в кишечнике. Это снижает усвояемость пищи и может вызывать пролиферацию клеток поджелудочной железы. Предполагается, что KI защищают семена от поедания животными (Hernández-Goenaga J. et al., 2019). При термической обработке бобов их активность значительно снижается.

В зерновой сое содержание ингибиторов Кунитца колеблется от 6,9 до 38,6 мг/г, тогда как в овощной – почти на треть ниже (Li Y. S. et al., 2012; Zhang Q. et al., 2017). В настоящее время ведётся селекционный отбор овощных сортов с пониженной трипсинингибирующей активностью с использованием рецессивного гена *ti* (Shafigullin D. R. et al., 2018). По данным Xu Y. et al. (2016), накопление ингибиторов усиливается по мере развития растения и достигает максимума в фазе биологической спелости – одновременно с интенсивным синтезом жира и обезвоживанием семян.

В незрелых семенах сои содержание крахмала составляет 4–5 %, но к моменту созревания снижается почти до нуля. Клетчатка (целлюлоза) составляет в среднем 3–7 %, лигнин – около 2 %, гемицеллюлозы – 1,3–6,5 %. Основные сахара – сахароза (5,94–12,2 %) и фруктоза (1,61–2,31 %); также присутствуют глюкоза, рафиноза и стахиоза (Петибская В. С., 2012; Lee J. W. et al., 2012; Xu Y. et al., 2015). В фазе уборки урожая (R6) содержание рафинозы и стахиозы минимально, но резко возрастает в последующих фазах (R7–R8). Поскольку человек не усваивает эти олигосахариды, их ферментация в кишечнике вызывает метеоризм. Поэтому ведётся селекция овощной сои на снижение их содержания (Xu Y. et al., 2016). Наследуемость признаков умеренная: 68,73 % для стахиозы и 56,95 % для клетчатки (Вишнякова М. А. и др., 2018).

Установлена положительная связь между содержанием сахаров и масла в семенах, и отрицательная – между сахарами и белком (Teixeira A. I. et al., 2013).

Овощная соя содержит значительное количество изофлавонов – от 0,1 до 5 мг/г в зависимости от их типа и условий выращивания. У одного и того же сорта

их уровень может различаться более чем втрое (Zhang J. et al., 2012). Поскольку изофлавоны придают соевым продуктам терпкий вкус, ведётся селекция на снижение их содержания в семенах (Shanmugasundaram S. et al., 2010).

Исследования показали, что в стадиях налива семян (R4–R7) содержание изофлавонов возрастает по мере развития, поэтому у раннеспелых сортов их уровень ниже (Kumar V. et al., 2011).

Ниже приведены данные содержания в сое овощной питательных веществ (Takahashi Y. et al., 2011).

Таблица 3. Содержание питательных веществ в сое овощной

Питательные элементы	Соя овощная сырая	Соя овощная сухая***	Питательные элементы	Соя овощная сырая	Соя овощная сухая***
Энергия (ккал)	135	477,00	Витамины	-	-
Вода, г	71,70	0,00	А, µg *	22,00	77,70
Белок, г	11,70	41,30	Е, мг	0,80	2,82
Липиды, г	6,20	21,90	К, µg	30,00	106,00
Углеводы, г	8,80	31,00	В1, мг	0,31	1,09
Зола, г	1,60	5,65	В2, мг	0,15	0,53
Минеральные вещества, мг	-	-	Ниацин, мг	1,60	5,65
Натрий	1,00	3,53	В6, мг	0,15	0,53
Калий	590,00	2083,00	В12, µg	0,00	0,00
Кальций	58,00	205,00	Фолиевая кислота, µg	320,00	1130,00
Магний	62,00	219,00	Пантотеновая кислота, мг	0,53	1,87
Фосфор	170,00	600,00	С, мг	27,00	95,30
Железо	2,70	9,53	-	-	-
Цинк	1,40	4,94	-	-	-
Медь	0,41	1,45	-	-	-
Марганец	0,71	2,51	-	-	-

* Эквивалент ретинола; Tr** Сумма трассировки; *** База сухого веса.

Содержание витаминов и минеральных веществ в семенах сои, как и другие признаки, зависит от сорта и условий выращивания. Уровень витамина С коррелирует с интенсивностью фотосинтеза (Shafigullin D. R. et al., 2018). В зерновой сое он составляет в среднем 10–20 мг/100 г (на сухое вещество), а в

овощной – не менее 20 мг. В фазах R7–R8 содержание аскорбиновой кислоты снижается, но восстанавливается при прорастании семян (Varshney R. K., 2011).

Качество эдамамэ оценивается по трём ключевым параметрам: вкусу, сладости и текстуре. При селекции сорта отбирают по комплексу признаков: внешний вид, вкус, аромат, текстура и пищевая ценность. Вкус в значительной мере обусловлен содержанием сахарозы, глутаминовой кислоты и аланина (Ткачёва Н. и др., 2022; Mentreddy R. et al., 2002). Основные органолептические предпочтения потребителей и критерии качества эдамамэ определены в странах–лидерах её производства (рис. 1).

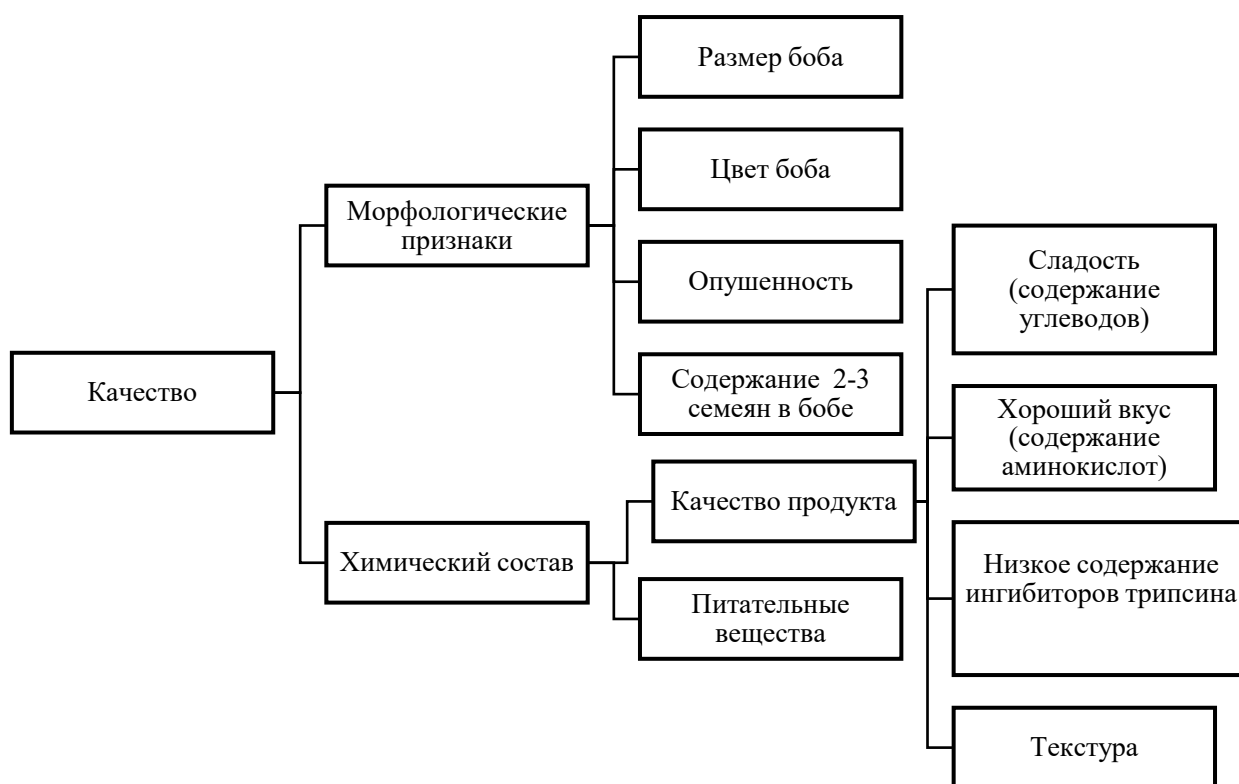


Рисунок 1. Показатели качества сои овощной
(Адаптирован из Takahashi Y. et al., 2011)

Зелёные бобы овощной сои (эдамамэ) убирают в фазе R6–R7, когда семена заполняют 80–90 % ширины боба, а сам боб остаётся ярко-зелёным. Эта культура отличается от зерновой сои более крупными семенами, повышенным содержанием сахаров и преобладанием бобов с двумя или тремя семенами – их

доля превышает 75 %. Ключевые морфологические требования к товарным бобам: длина не менее 5 см, белое (предпочтительно редкое и мягкое) опушение, светло–коричневый или серый рубчик. Цвет стручка – один из самых заметных признаков качества. Основными органолептическими характеристиками считаются сладкий вкус и приятный аромат (Mentreddy R. et al., 2002; Shanmugasundaram S. et al., 2010; Zhang Q. et al., 2017; Shafigullin D. R. et al., 2018).

1.3.3 Модель сорта (Основные направления селекции и моделирование сортотипов сои овощной)

Модель сорта – это научно обоснованный прогноз, определяющий оптимальный набор признаков, которыми должны обладать растения для достижения заданного уровня продуктивности в конкретных условиях возделывания.

Основными целями селекции пищевой сои являются повышение содержания белка и сахарозы. Требования к размеру и внешнему виду семян зависят от конечного продукта: для производства соевого молока и тофу предпочтительны сорта с высоким содержанием белка (>45 %), низким – масла, высоким – сахарозы и низким – олигосахаридов; для натто – с повышенным содержанием углеводов. Благодаря разработке молекулярных маркеров, ассоциированных с целевыми признаками качества, их перенос между сортами стал возможен с помощью маркер–ассоциированной селекции (MAS). В селекции овощной сои также применяются мутагенез, фенотипирование и генная инженерия (Jegadeesan S. et al., 2020).

Ключевой проблемой овощной сои является наличие антипитательных веществ, в частности ингибитора трипсина Куница (КТИ), на долю которого приходится более 80 % общего ингибирующего активности. КТИ снижает усвояемость белков соевых бобов при их употреблении в сыром виде. Хотя КТИ чувствителен к нагреву, термоинаktivация не всегда обеспечивает полное

его разрушение. Наиболее эффективным подходом к решению этой проблемы считается генетическая элиминация КТИ (de Moraes R. M. A. et al., 2006).

В семенах сои фосфор преимущественно содержится в виде инозитолгексафосфата (фитата), который связывает неорганический фосфат и хелатирует двухвалентные катионы – в частности, железо, – снижая их биодоступность в пищевых продуктах. Снижение уровня фитата в соевых бобах способствует повышению усвояемости как минеральных веществ, так и белков. Анализ экспрессии генов, участвующих в биосинтезе фитиновой кислоты, с использованием микрочипов выявил пошаговую регуляцию восьми ключевых генов, что открывает возможности для целенаправленного снижения содержания фитата в сортах сои. Кроме того, показано, что мутагенез, в том числе с применением гамма-облучения, также может эффективно использоваться для уменьшения уровня фитата (Talukdar A. et al., 2016).

Белки глицинин и β -конглицинин составляют 65–80 % белковой фракции соевых семян (25–35 % их массы). Их соотношение определяет качество белка и существенно влияет на функциональные свойства соевых пищевых продуктов (Jegadeesan S. et al., 2020; Poysa V. et al., 2006). Целенаправленная селекция показала, что глицинин подгруппы Пб (субъединица А3) способствует формированию плотной текстуры тофу независимо от типа коагулянта, тогда как субъединица Па (А4) может ухудшать его качество. В связи с этим современные селекционные программы направлены на элиминацию глицинина группы Па (Jegadeesan S. et al., 2020).

Важным направлением селекции сои является отбор по содержанию липоксигеназы – фермента, вызывающего травянисто-бобовый привкус при окислении липидов, что ухудшает органолептические свойства соевых продуктов. Хотя термообработка инактивирует липоксигеназу, она экономически неэффективна и снижает растворимость белков. Перспективным подходом считается генетическое устранение липоксигеназы (Cui Z. et al., 2004; Kumar V. et al., 2010).

Вкус овощной сои в значительной степени определяется содержанием сахарозы в семенах. В то же время олигосахариды (раффиноза и стахиоза), а также клетчатка – целлюлоза, гемицеллюлоза и пектин оболочки бобов – вызывают метеоризм, снижая потребительскую привлекательность соевых продуктов. Одним из ключевых направлений селекции является генетическая редукция этих антипитательных углеводов (Jegadeesan S. et al., 2020).

Селекция сои направлена на создание сортов с пониженным содержанием линоленовой кислоты, что уменьшает необходимость в гидрогенизации масла. При этом токоферолы и фитостеролы, входящие в состав соевого масла, обладают функциональными (в том числе антиоксидантными и гипохолестеринемическими) свойствами, поэтому поиск генов, контролирующих их биосинтез, представляет значительный интерес (Jegadeesan S. et al., 2020; Liu K., 2004).

Модель сорта должна включать ключевые агрономические признаки: урожайность и продуктивность, тип роста, массу 1000 семян, продолжительность вегетационного периода, устойчивость к стрессовым факторам среды, устойчивость к полеганию, пригодность к механизированной уборке, а также количество семян в бобе и число бобов на растении. Ниже представлена примерная модель овощной сои, адаптированная к условиям России (табл. 4).

Таблица 4. Модель сорта сои овощного типа

Признак	Требования к параметрам сорта сои овощной (до фазы технической спелости семян)
1	2
Потенциальная урожайность семян	2,3–3,0 т/га
Густота стояния растений к уборке	350 тыс. шт./га
Устойчивость к полеганию	Высокая
Устойчивость к вредным объектам	Высокая
Период вегетации	90–115 дней
Продолжительность периода «всходы–цветение»	47–50 дней
Сумма активных температур	1600–2200 °С
Тип роста	Детерминатный, полудетерминантный
Масса 1000 семян	220–450 г

1	2
Семенная продуктивность одного растения	6–8 шт.
Число семян в бобе	2–2,5 шт.
Число продуктивных узлов на одном стебле	7–9 (12) шт.
Ветвистость	5–6 шт.
Окраска семенной кожуры	Светлая
Окраска рубчика семени	Серая, светлая
Содержание белка	42–48 % (для функциональных продуктов молочного направления 42–46 %, для получения проростков 39–43 %)
Содержание масла	15–17 % (для функциональных продуктов молочного направления 16–18 %, для получения проростков 17–20 %)
Содержание антипитательных веществ	Менее 18 мг/г (для функциональных продуктов молочного направления 15–20 мг/г, для получения проростков не имеет значения)
Содержание углеводов	20–30 % (для функциональных продуктов молочного направления 17–27 %, для получения проростков 14–20 %)
Содержание витамина С	10–25 мг/100 г
Содержание изофлавонов	0,5–1 % (для функциональных продуктов молочного направления 0,4–0,8 %, для получения проростков 0,3–0,7 %)
Органолептические характеристики	Без горечи и травянистого привкуса (для функциональных продуктов молочного направления с молочно-соевым привкусом, для получения проростков с минимальным бобовым привкусом)
Твердосемянность	Менее 2
Ферментная активность липоксигеназы	Низкая или отсутствует

Согласно обновлённой модели, сорта должны отличаться высокой экологической пластичностью и адаптивностью к местным агроклиматическим условиям.

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Почвы

Исследования проводили в 2022–2024 гг. в ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (Одинцовский район, Московская область) и в агробиотехнологическом департаменте аграрно–технологического института РУДН.

Территория Одинцовского района Московской области характеризуется дерново–подзолистыми среднесуглинистыми почвами. Согласно почвенному районированию, относится к зоне дерново–подзолистых суглинистых почв Смоленско–Московской возвышенности, нередко различной степени смытости.

Почвообразующие породы представлены ледниковыми отложениями – карбонатными и бескарбонатными. Большинство из них не содержат карбонатов, характеризуются кислой реакцией и слабым насыщением основаниями.

Формирование этих почв происходит под влиянием дернового и подзолистого процессов, поэтому в их профиле всегда отчётливо обнаруживаются и дерновый, и подзолистый горизонты.

Состав и свойства дерново–подзолистых почв существенно варьируется в зависимости от гранулометрического, минералогического и химического состава материнских пород, а при вовлечении в пашню и от интенсивности окультуривания.

В природных условиях дерново–подзолистые почвы обычно бедны валовыми запасами и доступными формами азота и фосфора. Содержание калия в них выше в тяжёлых и ниже в лёгких разновидностях.

Физические и водные свойства не очень благоприятные. Водопрочных агрегатов обычно и в целине, и в пахотном горизонте не превышает 20–30 %.

В естественных условиях или под влиянием антропогенного воздействия на месте лесов могут формироваться суходольные луга, что приводит к вытеснению подзолистого процесса дерновым и трансформации подзолистых почв в дерново–подзолистые. Однако развитие дернового процесса часто ограничено: из–за кислой реакции среды, дефицита кальция, магния и зольных элементов, медленной смены микробиоты, а также промывного или полупромывного водного режима он редко достигает выраженной интенсивности. В то же время возможен и обратный процесс – зарастание лугов лесом. Заметное оподзоливание проявляется лишь при длительном произрастании мохово–травянистых лесов, когда фульвокислоты начинают разрушать гумусовый горизонт. Чередование активности дернового и подзолистого процессов нередко обусловлено хозяйственной деятельностью человека.

Тип дерново–подзолистых почв подразделяется на подтипы с учётом теплового режима, глубины промерзания и окраски подзолистого горизонта. Основные подтипы:

- дерново–полево–подзолистые – распространены в западных районах зоны с умеренно сухим летом;
- дерново–подзолистые умеренно промерзающие – характерны для европейской части южной тайги и соответствуют условиям проведения исследований;
- дерново–подзолистые умеренно холодные длительного промерзания – типичны для таёжно–лесной зоны южной Сибири.

В зависимости от степени развития и выраженности дернового и подзолообразовательного процессов дерново–подзолистые почвы подразделяются на:

1. Дерново–слабоподзолистые – в этих почвах подзолообразовательный процесс находится в начальной стадии, а дерновый хорошо развит. Это лучшие почвы по природному плодородию.

2. Дерново-среднеподзолистые – это почвы с маломощным дерновым горизонтом A_1 и ясно выраженным подзолистым горизонтом A_2 .

3. Дерново–сильноподзолистые – это почвы с маломощным дерновым горизонтом и резко выраженным подзолистым горизонтом мощностью в 15–25 см.

4. Дерново–глубокоподзолистые – это почвы с подзолистым горизонтом на значительной глубине от поверхности. Чаще они приурочены к песчаным и супесчаным отложениям.

По содержанию гумуса в гумусо–элювиальном горизонте выделяют: слабогумусные (в целине – до 3 %, в пашне – до 2 %); среднегумусные (соответственно 3–5 % и 2–4 %); высокогумусные (соответственно 5 % и 4 %).

В профиле дерново–подзолистых почв наблюдаются довольно резкая дифференциация почвенной толщи на генетические горизонты. Основные из них следующие:

- лесная подстилка (A_0) – состоит из растительных остатков разной степени разложения, часто переплетённых гифами грибов. Мощность её от нескольких мм до нескольких см. В отдельных случаях она приобретает торфянистый характер, что говорит о начальной стадии заболачивания.

- гумусово–элювиальный горизонт (A_1) окрашен сверху в тёмно–серый или серый цвет вследствие присутствия гумуса. С углублением он светлее. Мощность – 10–15 см, содержание гумуса в глинистых и суглинистых – 3–5, в песчаных – 1–2 %. Сверху он состоит из рыхло залегающих комков с живыми и отмершими корнями и корневищами, образующими дернину.

- элювиальный (подзолистый) горизонт (A_2) формируется в результате разрушения алюмосиликатов и выноса соединений алюминия, железа и марганца, что придаёт ему белесую окраску. Этот горизонт сильно выщелочен, практически лишён гумуса и богат тонкодисперсной кремнезёмистой пылью. Его мощность варьирует, а структура – пластичная, листоватая или пылеватая. Из–за крайне низкого содержания органо–минеральных коллоидов A_2

представляет самый бесплодный, бесструктурный горизонт. Чем мощнее и светлее этот слой, тем ниже плодородие почвы.

– иллювиальный горизонт (В) – это горизонт частичного осаждения веществ, вынесенных из вышележащих горизонтов. Под действием электролитов здесь коагулируют и задерживаются гидраты окислов железа и алюминия, глинистые суспензии и перегнойные соединения. Обогащение железом придаёт горизонту красно-бурую окраску, а цементация коллоидными частицами делает его плотным и твёрдым. Часто в нём образуются ржавые пятна и рудяковые зёрна, а при значительном накоплении железа и гумуса – ортштейновые конкреции. Ортштейны представляют новообразования, содержащие кремнезём, полуторные оксиды и иногда гумус, что придаёт горизонту пёструю окраску. В отдельных случаях их количество настолько велико, что горизонт превращается в сплошную твёрдую прослойку, непроницаемую для корней и воды. Это может вызывать заболачивание и перевод дерново-подзолистой почвы в болотную стадию развития. К низу содержание конкреций уменьшается, окраска становится однородной, и горизонт постепенно переходит в материнскую породу.

– материнская порода (С) – почти не затронута почвообразовательным процессом. В условиях избыточного увлажнения в ней нередко имеют место восстановительные процессы или процессы оглеения. В почвенном профиле это заметно по появлению зеленоватых или сизоватых пятен.

Восстановление дерново-подзолистых почв в значительной мере обусловлено деятельностью анаэробных микроорганизмов, разлагающих органические вещества в условиях ограниченного или отсутствующего доступа кислорода.

В естественных условиях состав и свойства дерново-подзолистых почв отражают совместное влияние подзолистого и дернового процессов на материнские породы. При выраженной подзолистой деятельности возрастает обменная кислотность, снижается ёмкость поглощения и усиливается недонасыщенность основаниями. Напротив, активизация дернового процесса

приводит к снижению кислотности, росту ёмкости поглощения и повышению насыщенности основаниями.

При вовлечении целинных земель в пашню значительно изменяются химические и водно–физические свойства дерново–подзолистых почв. Характер этих изменений зависит от продолжительности и интенсивности окультуривания, состава возделываемых культур, способов обработки, известкования и других агротехнических приёмов. В результате меняются содержание и состав гумуса, набор поглощённых катионов, а также уровни азота и зольных элементов питания, что отражается на строении верхней части почвенного профиля. В настоящее время большинство дерново–подзолистых почв находится в состоянии слабой или средней окультуренности.

Большое разнообразие почв обусловлено вариабельностью климатических условий, рельефа, материнских пород и их гранулометрического и минералогического состава, а также другими факторами почвообразования. В структуре почвенного покрова широко распространены комплексность, пятнистость и контрастные сочетания различных типов почв.

Почва нашего опытного участка – дерново–подзолистая, среднесуглинистая, без сплошного подзолистого горизонта.

Характеристики пахотного слоя (мощность до 32 см):

- содержание гумуса по Тюрину в слое почвы 0–20 см – 1,88 %, в 20–40 см – 0,88 %;
- валового азота в слое почвы 0–20 см – 0,09 %, в 20–40 см – 0,06 %;
- рН в слое почвы 0–20 см – 6,0;
- гидролитическая кислотность в слое почвы 0–20 см – 1,3 мг-экв на 100 г почвы, в 20–40 см – 2,1 мг-экв на 100 г почвы;
- сумма поглощённых оснований в слое почвы 0–20 см – 13 мг-экв на 100 г почвы, в 20–40 см – 9,5 мг-экв на 100 г почвы;
- степень насыщенности основаниями в слое почвы 0–20 см – 87 %;

- подвижные формы P_2O_5 по Кирсанову в слое почвы 0–20 см – 2,9 мг на 100 г почвы, в 20–40 см – 4,0 мг на 100 г почвы;
- обменные формы K_2O по Масловой в слое почвы 0–20 см – 2,3 мг на 100 г почвы, в 20–40 см – 3,0 мг на 100 г почвы;
- наименьшая влагоёмкость в слое почвы 0–20 см – 28–30 % (Шишов Л. Л. и др., 2002).

Таким образом, дерново–подзолистые почвы в целом соответствуют биологическим требованиям сортов сои овощной северного экотипа, поскольку обладают подходящим кислотно–щелочным балансом (рН 5,5–7,5), достаточной аэрацией и содержат необходимые макро- и микроэлементы. Наиболее высокая урожайность достигается на плодородных, нейтральных по реакции почвах, богатых фосфором, калием, кальцием и другими питательными веществами, при условии хорошей рыхлости, обеспечивающей доступ кислорода для корней и клубеньковых бактерий. При этом следует избегать выращивания сои овощной на очень кислых, засоленных, смытых, меловых и переувлажнённых почвах.

2.2 Климат

Климат исследуемой территории относится к умеренному континентальному типу. На протяжении года преобладают западные и юго–западные ветры. Среднемесячная температура января – самого холодного месяца – составляет $-9,3^{\circ}C$, а июля – самого тёплого – $+18,2^{\circ}C$. Сумма активных температур (выше $+10^{\circ}C$) колеблется в пределах 1900–2055 $^{\circ}C$. Необходимая сумма активных температур ($+10^{\circ}C$ и выше) за вегетационный период для очень ранних сортов сои овощной составляет 1700–1900 $^{\circ}C$, для ранних – 2000–2200 $^{\circ}C$. Продолжительность периода со среднесуточной температурой выше $+10^{\circ}C$ в среднем составляет 135 дней. Общий период с положительными температурами длится от 206 до 216 дней в году, а безморозный период – от 120 до 140 дней.

Район относится к зоне достаточного увлажнения. Среднегодовое количество осадков составляет 650–700 мм, при средней относительной влажности воздуха 70–72 %. Около двух третей годовых осадков выпадает в жидкой форме (в виде дождя). Устойчивый снежный покров формируется, как правило, в конце ноября. К концу зимы его средняя высота достигает 30–45 см, а максимальный запас воды в снежном покрове – 80–105 мм.

Согласно среднемноголетним данным, временное промерзание почв на территории района начинается в октябре, а устойчивое – устанавливается 15–20 ноября. К декабрю глубина промерзания достигает 30–40 см, а в феврале–марте увеличивается до 50–80 см. Полное оттаивание почвы наблюдается к 20–25 апреля. Продолжительность периода устойчивого промерзания составляет в среднем 150–160 дней в году.

Зима в районе отличается морозной погодой. В конце января – начале февраля обычно наблюдается резкое снижение как температуры воздуха, так и количества осадков. Весна, как правило, затяжная: среднесуточная температура в апреле редко превышает среднемноголетние значения, а количество выпавших осадков в этот период значительно варьируется от года к году.

В течение весенне–летнего периода температура воздуха характеризуется колебаниями, однако в целом остаётся близкой к среднемноголетним значениям, постепенно повышаясь от весны к лету. Количество осадков в отдельные годы может превышать среднемноголетнюю норму более чем в два раза. Так, в начале мая выпадает в среднем 45,8 мм осадков, а в начале июня – 51,7 мм. Такой режим увлажнения способствует дружным всходам и интенсивному развитию яровых культур (Информационный ресурс «Экологический паспорт Московской области»).

2.3 Погодные условия

В период исследований (2022–2024 гг.) температура воздуха в большинстве случаев превышала климатическую норму (табл. 5).

Таблица 5. Среднемесячная температура воздуха в 2022–2024 гг. в сравнении со среднемноголетними значениями, °С

Год	Месяц												Средне- годовая
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2022	0,1	-0,3	3,8	4,8	11,7	18,9	18,7	17,6	13,9	9,2	2,2	-4,4	8,0
2023	-5,8	-10,5	-1,3	7,5	14,3	20,5	22,2	19,5	9,9	6,4	2,3	-7,0	6,5
2024	-5,4	-0,9	-0,7	5,8	10,7	18,9	20,7	21,9	10,1	7,2	-0,6	-4,1	7,0
Средне- многолетняя	-9,3	-7,7	-2,2	5,8	13,1	16,6	18,2	16,4	11,0	5,1	-1,2	-6,1	5,0

В 2022 году самая высокая среднемесячная температура воздуха наблюдалась в июне и июле и составила соответственно 18,9 °С и 18,7 °С, что превышало среднемноголетние значения на 2,3 °С (13,8 %) и 0,5 °С (2,7 %). Наименьшая среднемесячная температура зафиксирована в декабре и составила –4,4 °С, что на 1,7 °С ниже климатической нормы. В мае средняя температура воздуха составила 11,7 °С, что оказалось ниже нормы на 1,4 °С (10,7 %). В августе и сентябре температура превышала среднемноголетние значения: в августе – на 1,2 °С (до 17,6 °С), в сентябре – на 2,9 °С (до 13,9 °С). В период вегетации сои овощной (май–сентябрь) среднемесячная температура воздуха составила 16,2 °С, что на 1,1 °С (7,3 %) превысило среднемноголетнее значение. Среднегодовая температура воздуха в 2020 году составила 8,0 °С, что на 3,0 °С выше климатической нормы (5,0 °С).

Самым тёплым годом в период вегетации сои овощной (май–сентябрь) оказался 2023-й: среднемесячная температура воздуха за эти месяцы составила 17,3 °С при среднемноголетнем значении 15,1 °С, что на 2,2 °С (14,6 %) было выше климатической нормы (рис. 2). Наиболее высокая среднемесячная температура за год была зафиксирована в июле – 22,2 °С против среднемноголетнего значения 18,2 °С, то есть превышение составило 4,0 °С (22,0 %). Значительно выше нормы также оказались температуры в июне и августе: 20,5 °С (3,9 °С, или 23,5 %) и 19,5 °С (3,1 °С, или 18,9 %) соответственно при среднемноголетних значениях 16,6 °С и 16,4 °С. В то же

время в мае температура воздуха составила 14,3 °С, что на 1,2 °С (9,2 %) выше нормы (13,1 °С), а в сентябре – 9,9 °С против 11,0 °С, то есть на 1,1 °С (10,0 %) ниже среднемноголетнего уровня. Самая низкая среднемесячная температура в 2023 году наблюдалась в феврале и составила –10,5 °С при климатической норме –7,7 °С, то есть была ниже нормы на 2,8 °С. Среднегодовая температура воздуха в 2023 году составила 6,5 °С, что на 1,5 °С было выше среднемноголетнего значения (5,0 °С).

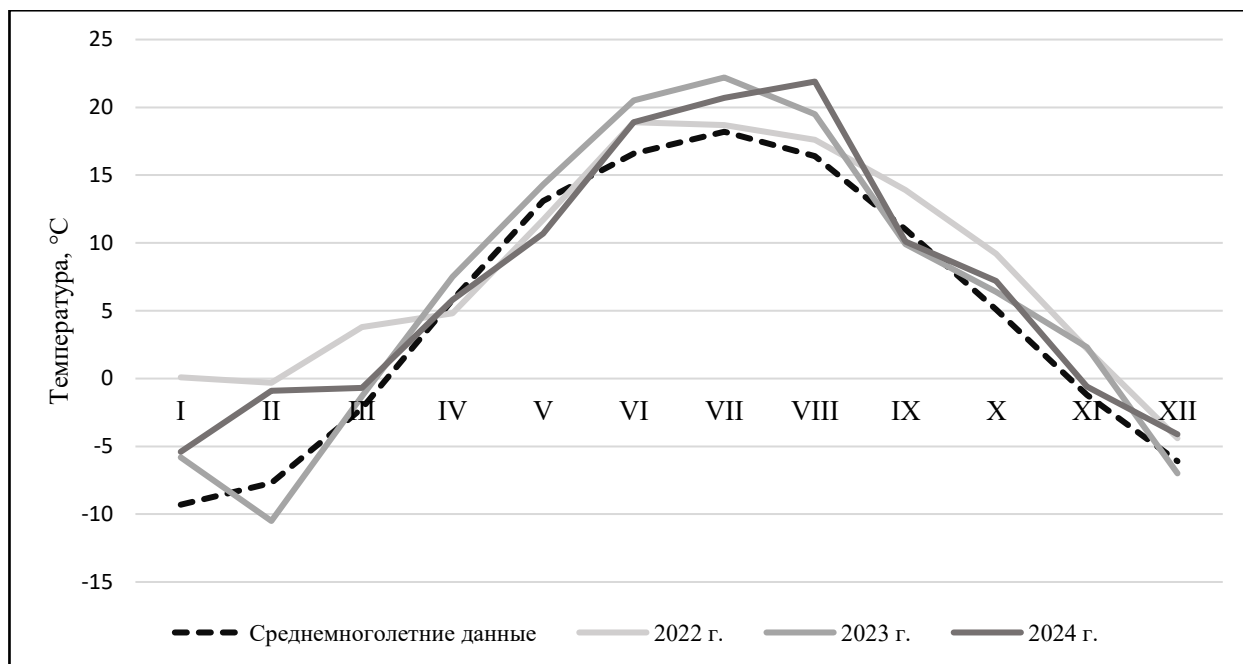


Рисунок 2. Среднемесячная температура воздуха в 2022–2024 гг. в сравнении со среднемноголетними значениями, °С

В 2024 году самая высокая среднемесячная температура воздуха наблюдалась в августе и составила 21,9 °С, что на 5,5 °С (33,5 %) превысило среднемноголетнее значение (16,4 °С). Наименьшая температура зафиксирована в январе – –5,4 °С, что на 3,9 °С выше климатической нормы (–9,3 °С). Значительно выше среднемноголетних значений также оказались температуры в июне и июле: в июне – 18,9 °С (2,3 °С, или 13,8 %) при норме 16,6 °С; в июле – 20,7 °С (2,5 °С, или 13,7 %) при норме 18,2 °С. В мае и сентябре среднемесячная температура воздуха была ниже климатической нормы: в мае – 10,7 °С (на 2,4 °С, или 18,3 %, ниже нормы 13,1 °С); в сентябре

– 10,1 °С (на 0,9 °С, или 8,2 %, ниже нормы 11,0 °С). В период вегетации сои овощной (май–сентябрь) среднемесячная температура воздуха составила 16,5 °С, что на 1,4 °С (9,3 %) превысило среднемноголетнее значение. Среднегодовая температура воздуха в 2024 году составила 7,0 °С, что на 2,0 °С выше климатической нормы (5,0 °С).

Таким образом, температурный режим в период вегетации сои овощной в целом соответствовал её биологическим требованиям, создавая благоприятные условия для активного роста и развития растений. Раннеспелые сорта сои овощной северного экотипа, исследованные в работе, относятся к среднетребовательным по отношению к теплу. Они характеризуются пониженной тепловой потребностью и повышенной устойчивостью к весенним и осенним похолоданиям, включая кратковременные заморозки. Семена сои овощной начинают прорастать уже при температуре 6–7 °С, а дружные всходы формируются при 12–14 °С. Потребность в тепле в течение вегетационного периода носит динамический характер: она постепенно возрастает от фазы прорастания к всходам, ветвлению, цветению и наливу семян, достигая максимума в критические фазы – бутонизации и цветения (оптимально 22–25 °С), а также бобообразования и налива семян (20–25 °С). В период созревания бобов потребность в тепле снижается до 18–20 °С. Средние температуры, наблюдавшиеся в исследуемый период (2022–2024 гг.), в целом соответствовали этим требованиям, обеспечивая комфортные условия для произрастания и продуктивного развития культуры.

Распределение осадков в течение периода наблюдений характеризовалось значительной неравномерностью (табл. 6).

2022 год оказался самым влажным за период вегетации сои овощной (май–сентябрь): суммарное количество осадков за эти месяцы составило 593 мм, что на 231 мм (63,8 %) превысило среднемноголетнюю норму (362 мм). Наибольшее превышение наблюдалось в июле – 175 мм против среднемноголетних 94 мм (81 мм, или 86,2 %). Значительно выше нормы были

также осадки в мае (160 мм при норме 51 мм, 109 мм) и в июне (159 мм при норме 75 мм, 84 мм). В сентябре количество осадков (65 мм) совпало со среднемноголетним значением. В то же время в августе отмечался дефицит влаги: выпало всего 34 мм осадков, что на 43 мм (55,8 %) ниже нормы (77 мм). Наименьшие месячные суммы осадков в 2020 году зафиксированы в апреле (29 мм, 15 мм или 34,1 % от нормы) и декабре (31 мм, 25 мм или 44,6 % от нормы). Среднегодовая сумма осадков в 2022 году составила 902 мм, что на 211 мм (30,5 %) превышает среднемноголетнее значение (691 мм).

Таблица 6. Динамика месячных осадков в 2022–2024 гг. на фоне среднемноголетних значений, мм

Год	Месяц												Сумма
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2022	55	40	49	29	160	159	175	34	65	55	50	31	902
2023	67	71	34	90	93	63	43	110	85	41	66	54	817
2024	59	34	13	69	61	42	91	4	75	58	31	111	648
Средне-многолетний	42	36	34	44	51	75	94	77	65	59	58	56	691

В 2023 году максимальное количество осадков зафиксировано в августе – 110 мм, что на 33 мм (42,9 %) превысило среднемноголетнюю норму (77 мм). Наименьшие месячные суммы отмечены в марте – 34 мм, что соответствовало среднемноголетнему значению. Значительно выше нормы оказались осадки в мае и сентябре: в мае выпало 93 мм при норме 51 мм (42 мм, или 82,3 %); в сентябре – 85 мм при норме 65 мм (20 мм, или 30,8 %). В то же время в июне и июле наблюдался дефицит осадков: в июне – 63 мм против нормы 75 мм (12 мм, или 16,0 %); в июле – всего 43 мм при норме 94 мм (51 мм, или 54,2 %). За весь вегетационный период сои овощной (май–сентябрь) сумма осадков составила 394 мм, что на 32 мм (8,8 %) превысило среднемноголетнюю норму (362 мм) (рис. 3). Среднегодовая сумма осадков в 2023 году составила 817 мм, что на 126 мм (20,7 %) выше среднемноголетнего значения (691 мм).

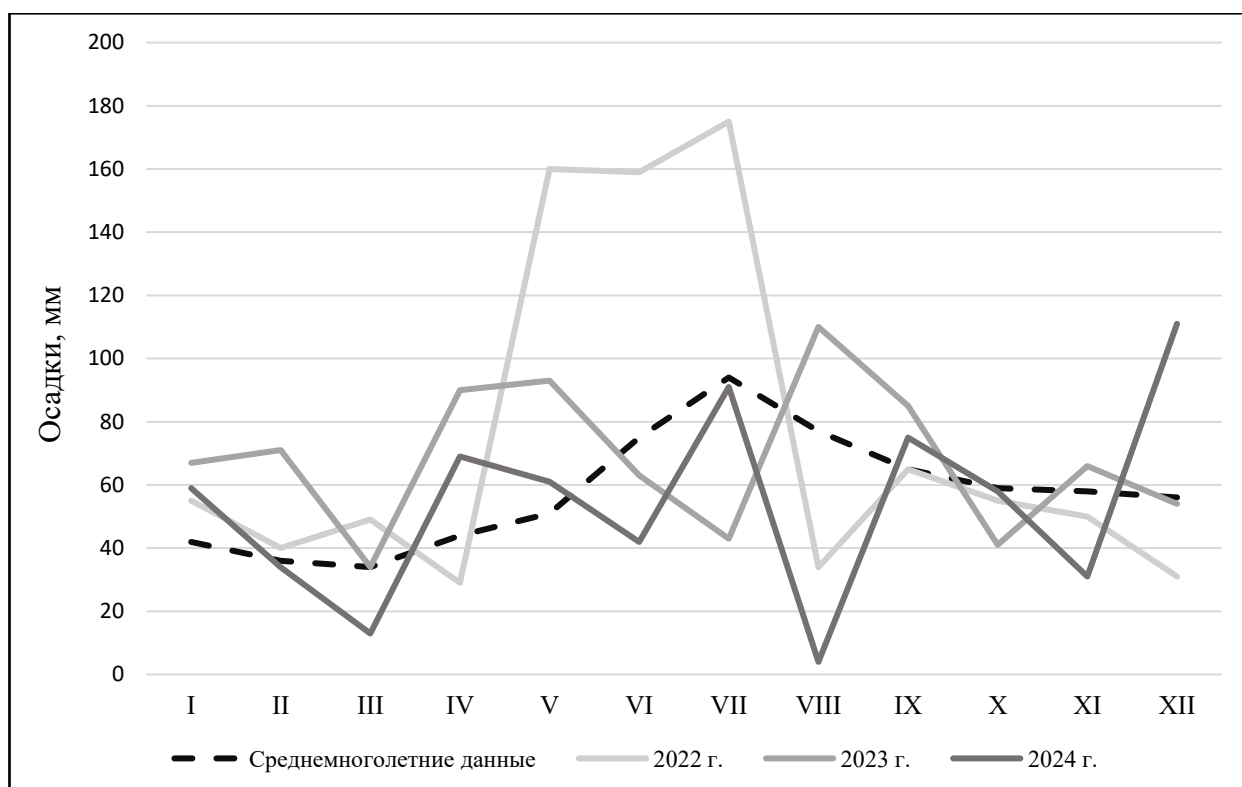


Рисунок 3. Количество месячных осадков в 2022–2024 гг. на фоне среднемноголетних значений, мм

В 2024 году отмечалось наименьшее количество осадков как за весь год, так и в течение вегетационного периода сои овощной (май–сентябрь) за рассматриваемые годы. Максимальная месячная сумма осадков пришлась на декабрь – 111 мм, что на 55 мм превысило среднемноголетнюю норму (56 мм). Наименьшее количество осадков зафиксировано в августе – всего 4 мм, что на 73 мм ниже нормы (77 мм). В мае и сентябре выпало несколько больше осадков, чем в среднем многолетние значения: в мае – 61 мм против нормы 51 мм (10 мм, или 19,6 %); в сентябре – 75 мм против нормы 65 мм (10 мм, или 15,4 %). В то же время в июне и июле наблюдался дефицит осадков: в июне – 42 мм при норме 75 мм (33 мм, или 44,0 %); в июле – 91 мм при норме 94 мм (3 мм, или 3,2 %). За весь вегетационный период сои овощной (май–сентябрь) суммарное количество осадков составило 273 мм, что на 89 мм (24,6 %) ниже среднемноголетней нормы (362 мм). В 2024 г. годовая сумма осадков составила 648 мм, что на 6,2 % (43 мм) ниже климатической нормы (691 мм), рассчитанной за базовый период наблюдений.

В период 2022–2024 гг. режим увлажнения характеризовался высокой межгодовой и внутрифазовой вариабельностью. Критический дефицит влаги отмечен в августе 2024 г. (4 мм), что ограничило реализацию урожайного потенциала в фазу налива бобов. Несмотря на относительную засухоустойчивость культуры, обусловленную развитой корневой системой, соя овощная чувствительна к почвенному стрессу в репродуктивные фазы (цветение, формирование и налив бобов). В то же время, нормальное прорастание требует достаточного увлажнения (влагопоглощение семян достигает 150 % их массы), что определяет необходимость оптимизации водного режима на ранних этапах онтогенеза. Поэтому, обеспеченность влагой в ключевые фазы роста является одним из определяющих факторов продуктивности сои овощной даже на фоне её относительной засухоустойчивости.

2.4 Схема, объект и предмет исследований

Двухфакторный полевой опыт по изучению сортов и сортообразцов сои овощной в сочетании с различными биологическим препаратом и микробиологическим удобрением проводился в течение трёх лет (2022–2024 гг.) на опытном поле ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства».

Эксперимент был заложен по схеме полных рандомизированных блоков с двумя факторами ($A \times B$) и трёхкратной повторностью. Согласно принятой методике, все варианты обработок случайным образом распределялись внутри каждого блока, что обеспечивало минимизацию влияния неучтённых внешних факторов и повышало достоверность получаемых результатов. Общее количество вариантов составило 12, количество делянок – 36. Общая площадь каждой опытной делянки составляла 54 м², что соответствует общепринятым агротехническим стандартам для полевых опытов с соей.

Объектом исследования являлись два сорта – Брянская 11 (стандарт) и Hidaka, а также два сортообразца – А и F сои овощной (*Glycine max* L.).

Семенной материал был предоставлен Федеральным научным центром овощеводства (ФНЦО) и относится к коллекционному фонду учреждения.

Предметом исследования являлось влияние биопрепарата и микробиологического удобрения на агробиологические характеристики сортов и сортообразцов сои овощной (*Glycine max* L.). Перед посевом семена обрабатывали биопрепаратом Оптимайз 400, РК (эталон) – в норме 1,8 л/т, содержащим штамм *Bradyrhizobium japonicum* и микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж в норме 1,0 л/т, содержащим штамм *Sinorhizobium fredii*. В контроле предпосевная обработка семян не проводилась. Оба инокулянта способствовали активной биологической фиксации атмосферного азота, улучшали усвоение растениями макро- и микроэлементов (в том числе за пределами азотного питания) и, как следствие, повышали продуктивность культуры.

Экспериментальная схема двухфакторного полевого опыта, направленного на оценку влияния предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением на агробиологические характеристики сортов и сортообразцов сои овощной, приведена в таблице 7.

Таблица 7. Схема исследований

Сорт, сортообразец	Биологический препарат, микробиологическое удобрение
Брянская 11 (St)	Контроль (без обработки)
	Оптимайз 400 (эталон), РК, 1,8 л/т (<i>Bradyrhizobium japonicum</i>)
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т (<i>Sinorhizobium fredii</i>)
Hidaka	Контроль (без обработки)
	Оптимайз 400 (эталон), РК, 1,8 л/т (<i>Bradyrhizobium japonicum</i>)
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т (<i>Sinorhizobium fredii</i>)
А	Контроль (без обработки)
	Оптимайз 400 (эталон), РК, 1,8 л/т (<i>Bradyrhizobium japonicum</i>)
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т (<i>Sinorhizobium fredii</i>)
F	Контроль (без обработки)
	Оптимайз 400 (эталон), РК, 1,8 л/т (<i>Bradyrhizobium japonicum</i>)
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т (<i>Sinorhizobium fredii</i>)

Описание и характеристики применяемых в опыте сортов и сортообразцов сои овощной.

Брянская 11 (St) – среднеспелый сорт овощной сои, включённый в Государственный реестр селекционных достижений РФ по Центральному региону (3) в 2003 году. Оригинатор: ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет». Морфологические признаки: тип роста – индетерминантный, куст полусжатой формы; Опушение – рыжевато-коричневое; боковые листочки – овальные, зелёные, среднего размера; цветок – фиолетовый; боб – светло-коричневый; семена – удлинённо-приплюснутые, жёлтые, рубчик – жёлтый; масса 1000 семян – 119,4–150,0 г. Агrobiологические характеристики: потенциал урожайности – 5–6 т/га; максимальная урожайность – 17 ц/га, получена в 2000 году на Рыбновском ГСУ (Рязанская область); содержание в зерне: белка – 38–41 %, жира – 19–22 %; отличается сбалансированным содержанием и соотношением лимитирующих аминокислот (лизина, метионина, триптофана), а также полиненасыщенных жирных кислот (линолевой и линоленовой). Экономическая и технологическая ценность: обеспечивает на 30–50 % более высокий сбор белка и жира с единицы посевной площади по сравнению с другими бобовыми культурами; по эффективности использования посевной площади превосходит злаковые культуры в 2–3 раза; обладает высокой технологичностью: не осыпается, не полегает; за годы испытаний не поражался основными болезнями.

Hidaka – раннеспелый сорт сои японского происхождения. Вегетационный период составляет 95–117 дней. Морфологические и биологические особенности: тип роста – детерминантный; форма куста – широкая; опушение главного стебля – рыжевато-коричневое; боковые листочки сложного листа – заострённо-яйцевидные; цветок – фиолетовый; бобы расположены на растении равномерно, в зрелом состоянии светло-коричневые; семена – удлинённые, жёлтые, рубчик – тёмно-коричневый с глазком; масса 1000 семян – 248,5 г; высота растений – 45–90 см; высота

прикрепления нижнего боба – 16–19 см. Химический состав зерна: содержание белка – 47,4 %; содержание жира – 18,0 %. Урожайность – 2,4 т/га.

А – раннеспелый сортообразец. Вегетационный период составляет 90–103 дня. Морфологические признаки: цветки белые; бобы в фазе полной спелости светло–коричневые; семена жёлтые, рубчик черный с глазком; масса 1000 семян – 335 г; высота растений – 50–100 см; высота расположения нижних бобов над поверхностью почвы – 8–12 см. Урожайность: 2,2 т/га.

Г – раннеспелый сортообразец. Вегетационный период составляет 90–100 дней. Морфологические признаки: цветки белые; бобы в фазе полной спелости светло–коричневые; семена крупные, круглые, овальные, зелёные, рубчик коричневый; масса 1000 семян – 200–400 г; высота растений – 50–150 см; опушение серое; высота расположения нижних бобов над поверхностью почвы – 10–13 см. Урожайность: 2,2–4,0 т/га.

В эксперименте использованы коммерческие инокулянты, регламент применения и биометрические характеристики которых приведены ниже.

Оптимайз 400, РК (СГР № 090–21–2283–1) инокулянт, который был использован в качестве эталонного препарата. Он представляет концентрированную суспензию, содержащую жизнеспособные клетки *Bradyrhizobium japonicum* (титр 5×10^9 КОЕ/г) и липохитоолигосахариды (LCOS) в концентрации 2×10^{-7} %. LCOS выполняют функцию сигнальных молекул, инициирующих каскад реакций клубенькообразования, что в сочетании с азотфиксирующим штаммом ускоряет формирование функциональных нодулей. Специальная препаративная форма обеспечивает сохранение метаболической активности бактерий на семенной оболочке в период от обработки до посева. Применение инокулянта способствует активации симбиотической азотфиксации и оптимизации минерального питания растений. Симбиоз между соей и ризобиями – сложный многоэтапный процесс, завершающийся образованием азотфиксирующих клубеньков на корнях. Липохитоолигосахариды выступают в качестве молекулярных сигналов, «запускающих» этот процесс. Помимо стимуляции

клубенькообразования, LCOS способствуют развитию корневой системы и молодых побегов, а также участвуют в регуляции транспорта ауксина, влияя на морфогенез и внутриклеточную передачу сигналов. Жидкая форма препарата обеспечивает равномерное нанесение на семена и позволяет визуально контролировать качество обработки и жизнеспособность бактериальной компоненты. Рекомендуемая норма расхода: 1,8 л на 1 т семян ([agrotek.com>products/ micronutrient/~types/11835](http://agrotek.com/products/micronutrient/~types/11835)).

БиоБеСтА, Ж – микробиологическое удобрение (инокулянт) (СГР № 253–19–318–1) в виде жидкой питательной среды, содержащей специфический для сои овощной высокоактивный штамм клубеньковых бактерий *Sinorhizobium fredii* в концентрации не менее 70×10^6 клеток/см³. Данный штамм был выделен в 1992 году специалистами ФГБНУ «ВНИИ сои» из природной популяции клубеньков дикорастущей сои, произрастающей в почвах южной зоны Приамурья. Благодаря высокой адаптивной способности он обеспечивает эффективное развитие растений даже в неблагоприятных климатических и почвенных условиях. Инокулянт способствует: активной биологической фиксации атмосферного азота, покрывая до 65–80 % общей потребности сои в азоте; ускоренному наращиванию биомассы и повышению энергии прорастания и всхожести семян; увеличению урожайности: надземной массы – на 3,4–7,8 ц/га, семенной продуктивности – на 2,6–4,4 ц/га; улучшению качественных показателей продукции: содержание белка повышается на 3–5 % в зелёной массе и на 3–10 % в зерне; обогащению почвы азотом за счёт накопления азотсодержащих растительных остатков, что положительно влияет на плодородие и развитие последующих культур, а также снижает вынос почвенного азота на 10 %. По результатам полевых испытаний отмечено увеличение процента сохранности растений к уборке на 2–9 %. Препарат совместим со многими фунгицидными средствами, что расширяет возможности его применения в интегрированных системах защиты растений. Рекомендуемая норма расхода: 1,0 л на 1 тонну семян (<https://www.ametis.ru/production/fertilizer>).

2.5 Методика проведения исследований

1. Анализ с применением методов автофлуоресценции и tandemной масс-спектрометрии был выполнен на базе Дальневосточной опытной станции – филиала Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (г. Владивосток). Для получения высококонцентрированных экстрактов применяли метод последовательной мацерации: общее количество экстрагента (метанола) разделяли на три равные порции, которые последовательно использовали для экстракции семян сои овощной. Продолжительность мацерации с каждой порцией составляла 7 суток. Масс-спектрометрический анализ проводили на ионной ловушке amaZon SL (Bruker Daltonics, Германия), оснащённой источником ионизации электрораспылением (ESI). Измерения выполняли в режимах положительных и отрицательных ионов в диапазоне m/z 100–1700. Параметры источника ионизации: температура – 70 °C; расход сушильного газа – 4 л/мин; давление газа–небулайзера – 7,3 psi; напряжение на капилляре – 4500 В; напряжение на эндпластине – 1500 В. Для tandemной масс-спектрометрии (MS/MS) использовали напряжение фрагментатора 280 В и энергию столкновения 60 эВ. Проведена многостадийная фрагментация до четвёртого порядка (MS^4). Поперечные срезы необработанных семян овощной сои готовили с помощью ротационного микротомы MC-2 («Точприбор», Украина). Срезы помещали на предметное стекло в каплю монтирующей среды и накрывали покровным стеклом. Анализ автофлуоресценции проводили на конфокальном лазерном сканирующем микроскопе LSM 800 (Carl Zeiss, Германия). Регистрацию флуоресценции осуществляли в трёх спектральных диапазонах: синем (возбуждение 405 нм, детекция 400–475 нм), зелёном (возбуждение 488 нм, детекция 500–545 нм) и красном (возбуждение 488 нм, детекция 620–700 нм). Изображения получали с использованием масляно-иммерсионного объектива $\times 63$ и программного обеспечения ZEN 2.1 (Carl Zeiss) (Зинченко Ю. Н. и др., 2023).

2. Биометрические исследования проводили в фазе полной технической спелости растений сои овощной согласно методическим рекомендациям (Зеленцов С. В. и др., 2006). С каждой опытной делянки площадью 1 м² методом случайной выборки отбирали 10 типичных растений каждого изучаемого сорта и сортообразца. Отбор осуществляли диагональным методом или методом конверта для обеспечения репрезентативности выборки и минимизации краевых эффектов.

У отобранных растений фиксировали следующие биометрические показатели: высоту растения, толщину стебля (измерение на высоте 5 см от корневой шейки), высоту прикрепления нижнего боба от поверхности почвы, число бобов и боковых побегов (длина >5 см) на растение, количество продуктивных узлов с сформированными семенами. Измерения проводили мерной линейкой (см) и штангенциркулем (мм). Продолжительность межфазного периода до наступления технической спелости определяли как количество суток от фазы полных всходов до достижения 10 % побурения бобов.

3. Отбор растительного материала осуществляли в фазу R1 (начало цветения) по общепринятой фенологической шкале сои. С каждой опытной делянки (1 м²) методом диагональной выборки, исключаяющей краевые защитные ряды, отбирали по 10 типичных растений. Растения извлекали с сохранением корневой системы, почву удаляли промыванием проточной водой или аккуратным встряхиванием над контейнером для последующего морфометрического и биохимического анализа. Корневые системы визуально осматривали для фиксации механических повреждений – растения с серьёзными травмами корней исключали из анализа. Подсчёт корневых клубеньков проводили визуально с использованием лупы. Функциональными считали клубеньки с активной азотфиксирующей тканью, определяемой по характерной розовой или красноватой окраске на разрезе (Vicent J. M., 1970; Clua A. et al., 2013; Veronesi M., 2014). Растения классифицировали как

«заселённые эффективными штаммами», если на корнях обнаруживали более трёх функциональных клубеньков. Измеряли следующие показатели:

- доля растений с клубеньками: $\text{число растений с } \geq 1 \text{ клубеньком} / 10) \times 100 \%, \%$;
- количество функциональных клубеньков на растении: прямой подсчёт клубеньков с розовой окраской паренхимы, шт.;
- длина главного корня: измерение мерной линейкой от корневой шейки до апекса, см;
- площадь листовой поверхности на растении: метод вырезания и взвешивания копий листьев на миллиметровой бумаге, см^2 .

4. Структурный анализ урожая проводили в фазе технической спелости семян. Фенологическую стадию верифицировали визуально по побурению 10 % бобов на растении. С каждой опытной делянки площадью 1 м² методом случайной выборки отбирали 10 типичных растений, обеспечивающих репрезентативность генеральной совокупности. Отбор осуществляли диагональным методом, исключая краевые ряды (буферная зона $\geq 0,5$ м) для нивелирования краевых эффектов. Растения срезали на уровне почвы, маркировали и помещали в бумажные пакеты для предотвращения конденсации влаги. Измеряли следующие показатели:

- масса одного растения: взвешивание надземной части растения на аналитических весах после удаления почвы и растительных остатков, г;
- масса семян с одного растения: обмолот бобов механическим мини-комбайном; взвешивание очищенных семян на весах, г;
- масса 1000 семян: $\text{масса семян с растения} / \text{количество семян с растения}) \times 1000$; либо прямое взвешивание трёх повторностей по 100 семян с последующим пересчётом, г;
- среднее количество семян на одно растение: прямой подсчёт всех сформированных и выполненных семян после обмолота, шт.;

– среднее количество семян в бобе: общее количество семян / общее количество сформированных бобов; анализ проводили на выборке из 20–30 бобов среднего яруса, шт.

5. Биологическую урожайность овощной сои определяли в фазу молочно–восковой спелости зерна (стадия технической спелости для эдамамэ), соответствующую 75–85 % влажности бобов. На каждом варианте опыта отбирали учётную пробу из 10 растений с площади 1 м² центральной части делянки (исключая пограничные ряды для минимизации краевого эффекта). Отбор проводили методом случайной выборки в трёхкратной повторности. С каждого растения отделяли все бобы в створках, достигшие стадии технической спелости (зелёные, полностью сформированные, без признаков пожелтения). Свежую массу бобов в створках определяли на лабораторных весах с точностью до 0,01 г. Влажность бобов контролировали экспресс–методом (влажностомер для зерна) или высушиванием аликвоты при 105 °С до постоянной массы. Урожайность (т/га) рассчитывали по формуле:

$$Y = (M \times 10\,000) / (S \times n),$$

где: Y – урожайность, т/га;

M – суммарная масса бобов в створках с учётной пробы, г;

S – площадь учёта, м² (1 м²);

n – количество растений в пробе (10 шт.).

6. Определение содержания основных компонентов (белка, жира, влаги, сырой клетчатки и золы) проводили методом ближней инфракрасной спектроскопии (NIRS) с использованием анализатора FOSS NIRS DA1650 (диапазон длин волн 400–1650 нм). Содержание минеральных элементов (фосфора, калия, железа и цинка) определяли химическими методами в соответствии с государственными стандартами: фосфор – ГОСТ ISO 6491–2016, калий – ГОСТ 30504–97, микроэлементы (Fe, Zn) – ГОСТ Р 51637–2000. Пробы семян сои овощной (бобов) в фазе технической спелости перед анализом высушивали и измельчали до состояния однородной муки.

Результаты исследований пересчитывали на абсолютно сухое вещество для исключения влияния влажности на вариацию признаков.

7. Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием программного пакета InfoStat 2020. Дисперсионный анализ (ANOVA) выполняли для данных, полученных в условиях рандомизированного полного блочного дизайна (РКБД). Сравнение средних значений осуществляли методом наименьшей существенной разницы ($НСР_{05}$) при уровне значимости $p \geq 0,05$. Перед проведением параметрического анализа данные проверяли на соответствие нормальному распределению и однородность дисперсий (критерий Левена).

8. Экономическую эффективность возделывания сои овощной оценивали по комплексу показателей: себестоимость продукции, производственные затраты, стоимость валового урожая, прибыль и уровень рентабельности производства. Расчёт проводили на основе данных об урожайности, полученных в полевом опыте 2022–2024 гг. Совокупные затраты в расчёте на 1 га посевной площади определяли согласно технологическим картам возделывания культуры. Для повышения продуктивности сортообразцов применяли биопрепарат и микробиологическое удобрение, использование которых потребовало дополнительных расходов на приобретение и внесение, что повлекло увеличение производственных затрат в соответствующих вариантах опыта.

2.6 Технология возделывания сои овощной

Предшественником овощной сои в опыте была морковь.

Выбор и эффективность той или иной системы обработки почвы – как в рамках севооборота, так и непосредственно под овощную сою – определяются рядом факторов: характером предшественника, рельефом местности, степенью засорённости поля, свойствами почвы и производственными возможностями хозяйства. В данном опыте основная зяблевая (осенняя)

обработка почвы под овощную сою осуществлялась по следующей технологии. Сразу после уборки предшественника (моркови) проводили послеуборочное дисковое лушение на глубину 6–8 см с использованием агрегата в составе трактора Т-150 и дисковой бороны БДМ-4×4П. Цель операции – измельчение пожнивных остатков и стимуляция прорастания сорняков. Через 10–15 суток, после появления всходов сорной растительности, проводили сплошное химическое уничтожение сорняков гербицидом «Глифошанс» в норме 4–6 л/га. Обработку выполняли с помощью трактора МТЗ-82 в агрегате с опрыскивателем ОП-2500/24. Перед вспашкой вносили минеральные удобрения в расчёте $P_{50}K_{45}$ с использованием трактора МТЗ-82 и разбрасывателя ЗА-М-3000. Завершающим этапом основной обработки являлась вспашка плугом ППО-5-40 на глубину 25–27 см в агрегате с трактором ХТЗ-241К.

Весенняя обработка зяби включала боронование «на закрытие влаги», выравнивание поверхности поля и предпосевную культивацию, направленные на уничтожение проросших сорняков и рыхление почвы. Боронование проводили при наступлении физической спелости почвы с использованием агрегата в составе трактора МТЗ-82 и бороны ЗПГ-15. После завершения боронования, на поле, очищенном от сорной растительности, перед посевом овощной сои осуществляли протравливание и инокуляцию семян. Для протравливания применяли фунгицид Фундазол в норме 3 кг/т в смеси с инокулянтами согласно схеме исследований. Обработку проводили на протравливателе ПС-10А. До посева или до появления всходов сои на поле вносили почвенные гербициды: Трофи-90 – в норме 1,5–2,0 л/га, Фронтьер Оптима – в норме 0,8–1,2 л/га. Опрыскивание выполняли с помощью агрегата, состоящего из трактора МТЗ-82 и опрыскивателя ОП-2500/24. Первую культивацию проводили при появлении всходов сорняков на глубину 5–6 см с использованием трактора МТЗ-1523 и широкозахватного культиватора КППШ-6. Вторую (предпосевную) культивацию осуществляли тем же

агрегатом на глубину 3–4 см для окончательного выравнивания поверхности и создания оптимальных условий при посеве.

Посев сортов и сортообразцов овощной сои, предусмотренных схемой исследований, проводили во второй декаде мая при прогревании посевного слоя почвы до +8 °С. Посев осуществляли широкорядным способом с междурядьями 30 см. Длина каждого учётного ряда составляла 10 м, густота стояния – 30 растений на 1 м² (что соответствует 0,3 млн шт./га). Глубина заделки семян – 3–4 см, расстояние между растениями в ряду – около 10 см. Посевной агрегат включал трактор МТЗ–82 и сеялку Ритм–1М с рабочей шириной захвата 5,4 м. Лабораторная всхожесть семян составляла 92–94 %. Во время посева в рядки вносили фосфорное удобрение в дозе Р_{10–15}. Сразу после посева проводили прикатывание почвы поперёк направления рядков с помощью агрегата в составе трактора МТЗ–82 и кольчато–шпоровых катков ЗККШ–6А для улучшения контакта семян с почвой и обеспечения равномерных условий прорастания.

Химическая защита посевов овощной сои включала комплексную обработку гербицидами, фунгицидами, инсектицидами и десикантами в соответствии с фазой развития культуры и видовым составом сорняков, болезней и вредителей. Гербицидные обработки: против двудольных сорняков (в фазе 1–2 листьев сои) применяли Базагран в норме 1,5–3,0 л/га; против однолетних злаковых сорняков (в фазе 2–4 листьев сои) – Центурион в норме 0,2–0,4 л/га; против многолетних злаковых сорняков (при высоте растений 15–20 см) – Центурион в повышенной норме 0,7–1,0 л/га; для одновременного подавления как двудольных, так и однодольных сорняков (в фазе 1–3 листьев сои) использовали Пивот в норме 0,5–0,8 л/га. Все гербицидные обработки проводили с помощью агрегата, состоящего из трактора МТЗ–82 и опрыскивателя ОП–2500/24. Фунгицидные и листовые подкормки: обработку посевов против болезней совмещали с внекорневым внесением микроудобрений. Применяли: Оптимо – 0,5 л/га или Колосаль Про – 0,4–0,6 л/га в смеси с одним из микроудобрений: Борошанс – 0,15–0,25 л/га,

Макрошанс – 0,25 л/га, Полидон Био Профи – 1,0 л/га. Опрыскивание выполняли тем же агрегатом (МТЗ–82 + ОП–2500/24). Инсектицидные обработки: для борьбы с основными вредителями – паутиным клещом, соевой плодояркой и клубеньковым долгоносиком – применяли: Кинфос – 0,3–0,5 л/га, Каратэ Зеон – 0,4 л/га, Ципи – 0,3 л/га. Обработки также проводили с использованием агрегата МТЗ–82 + ОП–2500/24.

Сою овощную убирают в фазе технической спелости: когда листья нижнего яруса пожелтели, семена полностью сформировались, но бобы ещё остаются зелёными, плотными и сочными. В этот период семена содержат не менее 15 % белка, 5 % жира, 11 % углеводов, а также витамин С, который отсутствует в зрелых (сухих) семенах. Универсальных календарных сроков уборки овощной сои не существует – они определяются совокупностью факторов: климатическими условиями региона, биологическими особенностями сорта, степенью физиологической зрелости растений. Признаки наступления оптимальной фазы уборки: бобы приобретают жёлтую или светло-коричневую окраску и становятся твёрдыми внутри; стебли начинают подсыхать, теряют эластичность и легко ломаются; листья желтеют и опадают; влажность бобов снижается до 13–15 %. Основной способ уборки – прямое комбайнирование. При высокой влажности растений допускается раздельная уборка: сначала скашивание, затем подбор и обмолот, что позволяет избежать перезревания, осыпания и потерь урожая. Необходимо использовать специализированную «соевую» жатку с гибким ножом, обеспечивающую низкий срез (около 3 см над поверхностью почвы), так как бобы овощной сои расположены близко к земле и легко повреждаются. Обычные зерновые жатки могут привести к значительным потерям. Мотовило должно контактировать со стеблями только в момент среза: его следует вынести немного вперёд и опустить как можно ниже. Колосоподъёмник не рекомендуется использовать, поскольку он вызывает механическое осыпание бобов. Скорость комбайна – не более 5 км/ч; при наличии полеглых растений – снижать до 3–4 км/ч. Частота вращения барабана – 400–600 об/мин, с

корректировкой в зависимости от влажности: чем суше масса, тем ниже должна быть скорость обмолота. Выгрузка урожая в транспортное средство должна осуществляться медленно, с минимальной высоты и на мягкую подстилку, чтобы минимизировать механические повреждения бобов. Такой подход позволяет снизить потери до 2–3 %, ограничить дробление семян до 3 % и сохранить высокое качество продукции. Все агротехнические мероприятия выполнены в соответствии с рекомендациями Шафигуллина Д. Р. (2019).

ГЛАВА 3. ФЕНОТИПИРОВАНИЕ СОРТОВ И СОРТООБРАЗЦОВ СОИ ОВОЩНОЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА АВТОФЛУОРЕСЦЕНЦИИ СЕМЯН

Для изучения биохимического состава семян сои овощной сортотипов А, F и сорта Hidaka были проанализированы срезы сухих неокрашенных семян методом автофлуоресценции.

Основные пики собственной флуоресценции наблюдались в трёх спектральных диапазонах: при возбуждении лазером с длиной волны 405 нм – эмиссия в диапазоне 400–475 нм (синяя область); при возбуждении лазером 488 нм – эмиссия в диапазонах 500–545 нм (зелёная область) и 620–700 нм (красная область).

Для визуализации результатов программное обеспечение микроскопа автоматически назначало псевдоцвета, соответствующие длинам волн испускаемого излучения.

Согласно литературным данным, автофлуоресценция растительных тканей в указанных диапазонах обусловлена присутствием различных фенольных соединений: синяя флуоресценция преимущественно связана с гидроксикоричными кислотами (Lichtenthaler H. K. et al., 1998); зелёная флуоресценция – с флавионами, флавонолами и их производными (Sudo E. et al., 2009); красная флуоресценция обусловлена наличием антоцианов, антоцианидинов, а также остаточного хлорофилла (Talamond P. et al., 2015).

Поэтому, анализ автофлуоресценции позволяет неинвазивно оценить распределение и относительное содержание ключевых вторичных метаболитов в семенах овощной сои, что может служить основой для фенотипической дифференциации генотипов по биохимическому профилю.

Конфокальная лазерная сканирующая микроскопия (КЛСМ) основана на регистрации флуоресценции химических соединений при их возбуждении лазерным излучением. Этот метод позволяет визуализировать пространственное распределение эндогенных флуорофоров и выявлять

специфические группы биомолекул в тканях без применения внешних красителей. С использованием метода автофлуоресценции – спонтанного свечения природных соединений под действием возбуждающего излучения – была проведена визуализация фенольных соединений в семенах сои овощной (*Glycine max*). Фенольные структуры, обладающие собственной флуоресценцией, послужили эндогенными маркёрами для локализации этих метаболитов в различных тканях семени.

На рисунках 4–11 представлены поперечные срезы семян сои овощной (*Glycine max*), полученные методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии. Возбуждение образцов лазером с длиной волны 405 нм (фиолетовая область спектра) индуцировало синюю автофлуоресценцию с максимумом эмиссии в диапазоне 420–480 нм. Подобная флуоресценция в растительных тканях при возбуждении в фиолетовой и ближней УФ–области спектра обусловлена преимущественно присутствием гидроксициннамовых кислот (*hydroxycinnamic acids*) (Corcel M. et al., 2017). Основным источником наблюдаемого сигнала является феруловая кислота, ковалентно связанная с компонентами клеточной стенки (гемицеллюлозами и лигнином). Вклад в автофлуоресценцию также могут вносить другие представители группы – *p*–кумаровая и кофейная кислоты (Lichtenthaler H. K. et al., 1998).

Согласно литературным данным, автофлуоресценция растительных тканей в зелёной области спектра (500–545 нм) при возбуждении лазером с длиной волны 488 нм обусловлена преимущественно присутствием флавонолов и их гликозидов (Sudo E. et al., 2009; O. Monago–Maraña et al., 2016). Сходный спектр эмиссии демонстрируют также флавины – коферменты группы рибофлавина (ФМН, ФАД), входящие в состав окислительно–восстановительных ферментов (Moreno G. et al., 2018; Roshchina V. V. et al., 2017). Флуоресценция в красной области спектра (650–750 нм) при соответствующем возбуждении связана в основном с хлорофиллом *a*, тогда как антоцианы, несмотря на интенсивное поглощение видимого света, обладают

крайне слабой собственной флуоресценцией и редко регистрируются методами автофлуоресцентной микроскопии (Talamond P. et al., 2015).

При сравнительном анализе автофлуоресценции семян сорта *Hidaka*, выращенных в разные годы, выявлена более интенсивная синяя флуоресценция во внешних слоях семядолей образцов урожая 2024 г. (рис. 11) по сравнению с аналогичными образцами урожаев 2022 и 2023 гг. (рис. 9, 10). Усиление сигнала, вероятно, отражает повышенное накопление гидроксициннамовых кислот (в первую очередь феруловой кислоты) в клеточных стенках субэпидермальных тканей. По другим параметрам – пространственному распределению флуорофоров, интенсивности зелёной и красной автофлуоресценции – статистически значимых различий между образцами разных лет урожая обнаружено не было.

Выявлены сортоспецифические различия в паттернах автофлуоресценции, коррелирующие с окраской семенной кожуры. Яркая красная флуоресценция наблюдалась в семенах сортообразцов F и A (рис. 4б, 5б, 6б, 7б, 8б), обладающих зелёной семенной кожурой вследствие сохранения хлорофилла *a* в зрелых семенах. Слабый сигнал в красной области спектра зарегистрирован также у сорта *Hidaka* с бежевой окраской семенной кожуры (рис. 9б, 10б, 11б). Несмотря на обнаружение петунидина (антацианидина) в сорте *Hidaka* и сортообразце А методом тандемной масс-спектрометрии, вклад антоцианидинов в наблюдаемую красную флуоресценцию следует рассматривать с осторожностью: антоцианидины характеризуются крайне низким квантовым выходом флуоресценции ($<0,001$) и в стандартных условиях конфокальной микроскопии практически не детектируются. Вероятнее всего, красная автофлуоресценция образцов *Hidaka* обусловлена другими эндогенными флуорофорами – например, порфиринами или продуктами окислительного метаболизма фенольных соединений. В случае сортообразца А красная флуоресценция преимущественно обусловлена хлорофиллом *a*, тогда как присутствие петунидина, несмотря на его детектирование хроматографическими методами, вклада в флуоресцентный

сигнал не вносит. Отмечается принципиальное ограничение метода: конфокальная микроскопия без спектрального разрешения не позволяет разделить сигналы от флуорофоров с перекрывающимися спектрами эмиссии.

Интенсивность зелёной автофлуоресценции не выявила достоверных межсортовых различий и оставалась сопоставимой во всех исследованных сортообразцов.

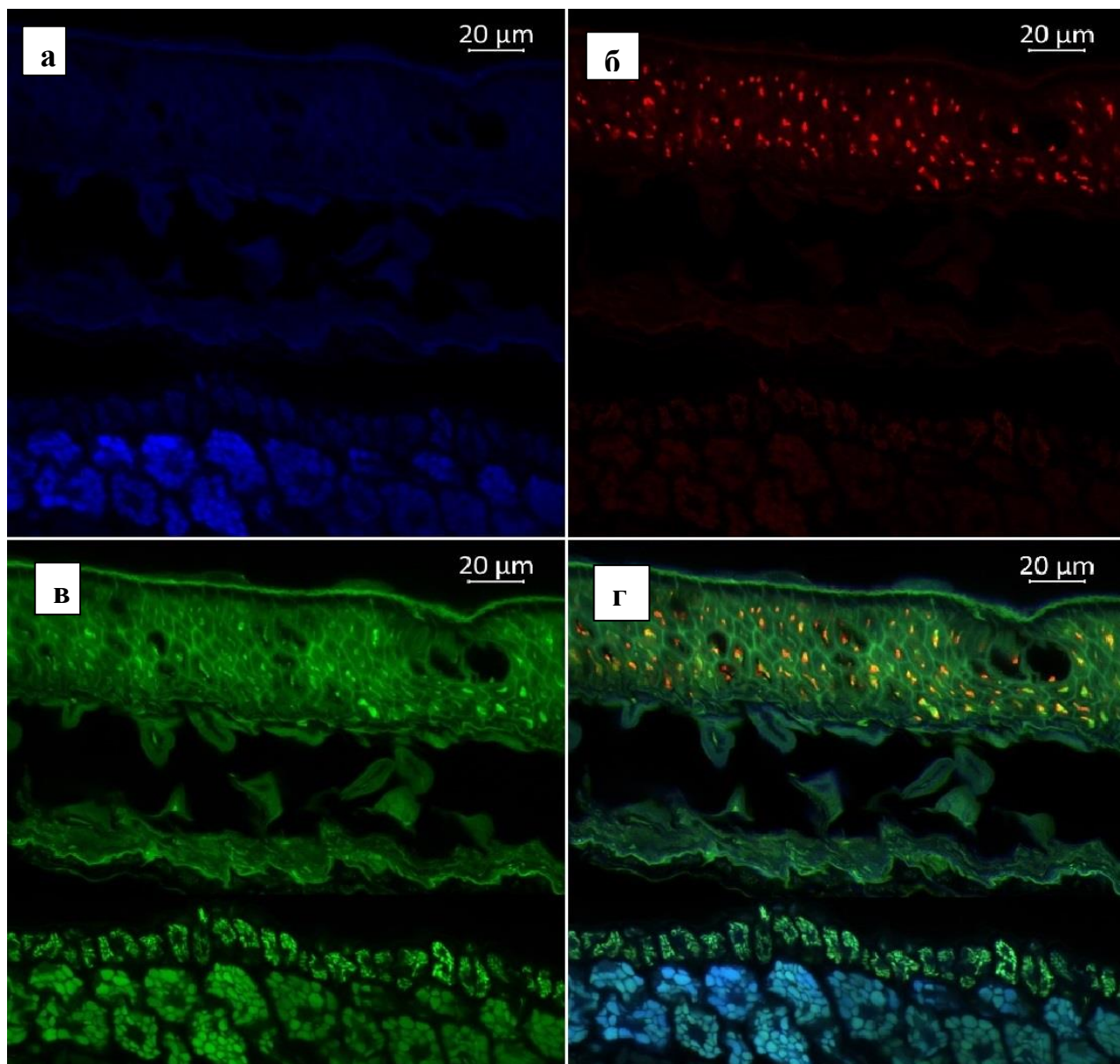


Рисунок 4. Поперчный срез семени сои овощной сортообразца А (урожай 2022 г.), полученный методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии: а – синяя автофлуоресценция (возбуждение 405 нм, эмиссия 400–475 нм), б – зелёная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 500–545 нм), в – красная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 620–700 нм), г – мультиканальное изображение

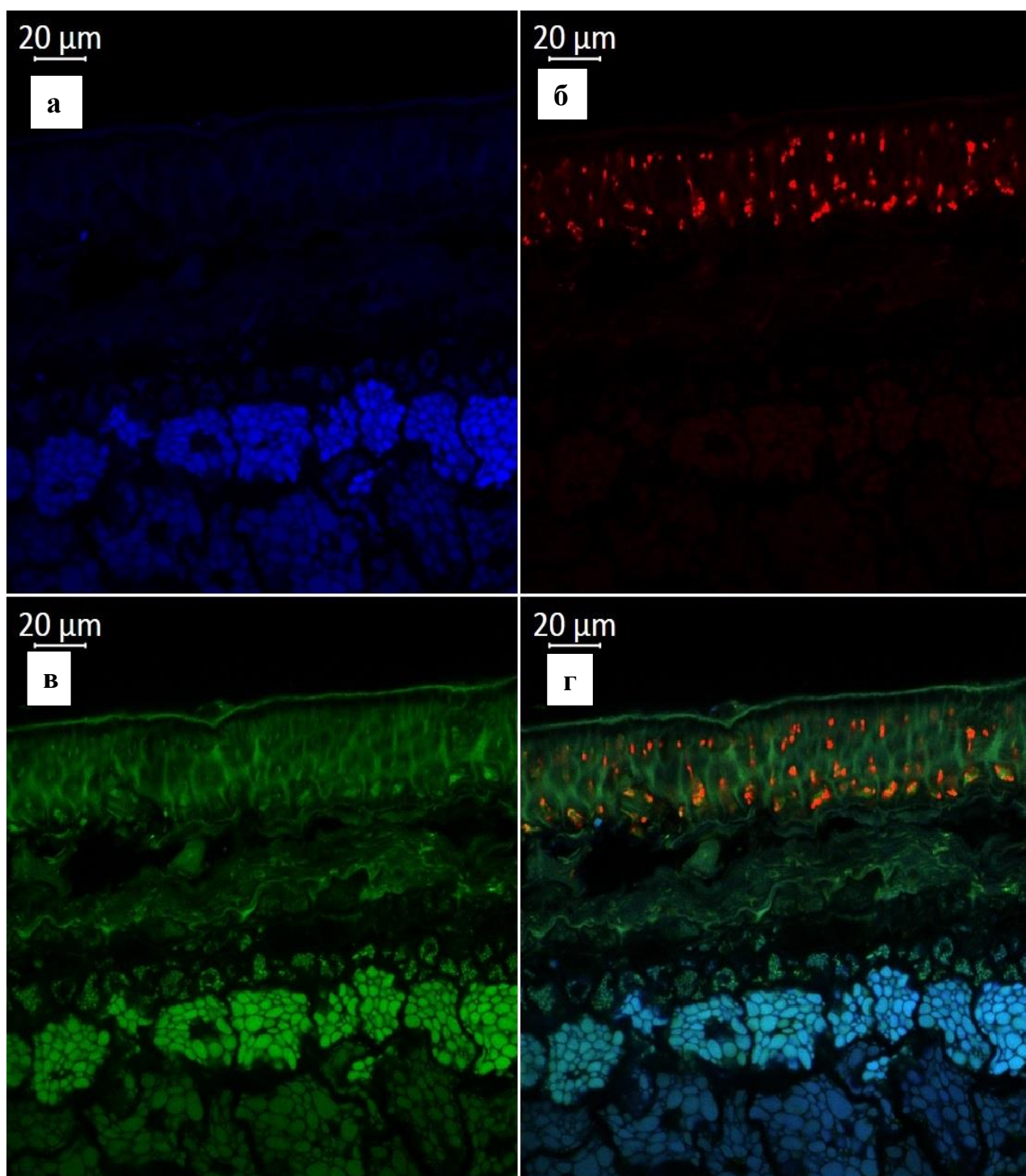


Рисунок 5. Поперечный срез семени сои овощной сортообразца А (урожай 2023 г.), полученный методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии: а – синяя автофлуоресценция (возбуждение 405 нм, эмиссия 400–475 нм), б – зелёная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 500–545 нм), в – красная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 620–700 нм), г – мультиканальное изображение

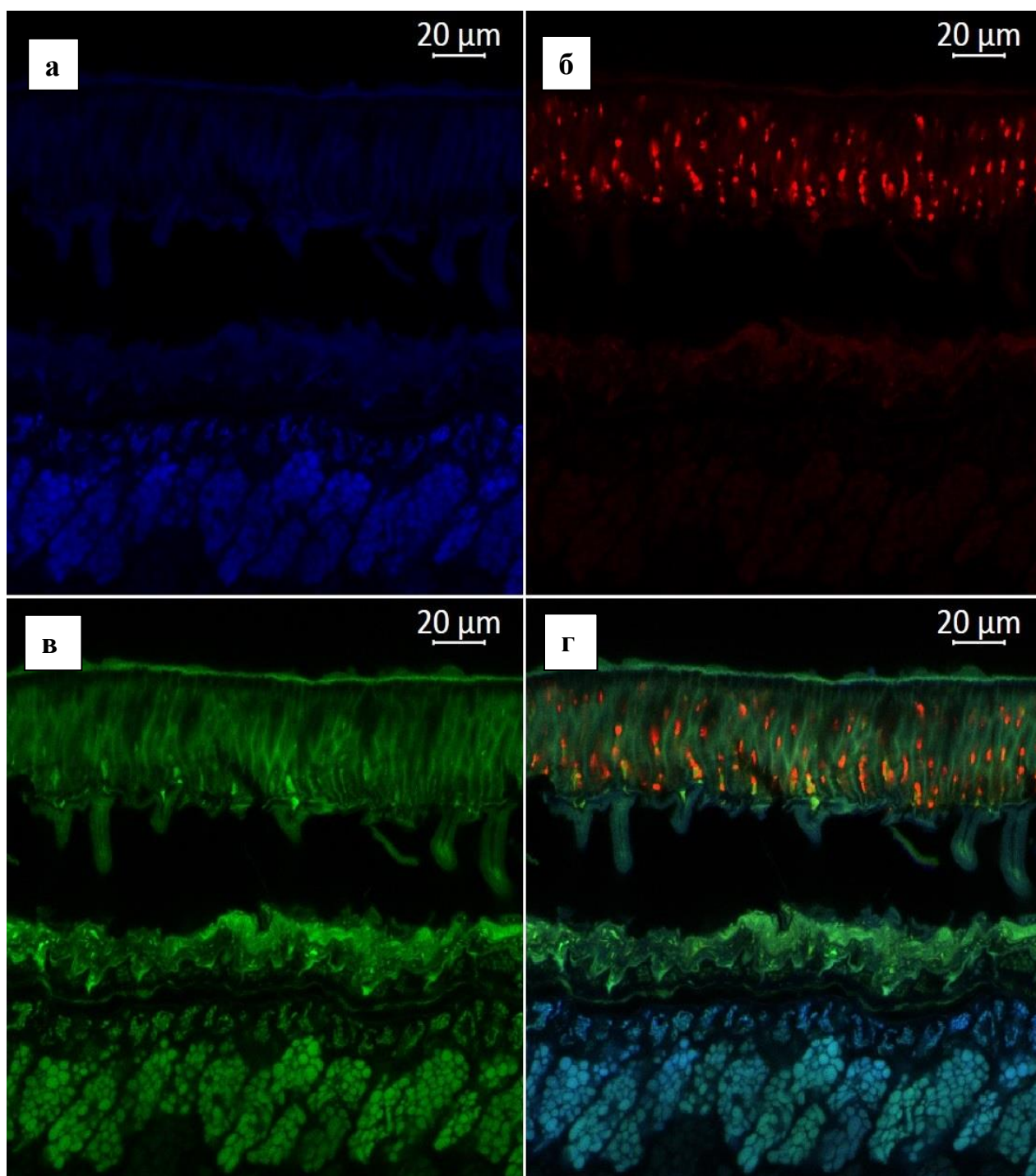


Рисунок 6. Поперечный срез семени сои овощной сортотипа А (урожай 2024 г.), полученный методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии: а – синяя автофлуоресценция (возбуждение 405 нм, эмиссия 400–475 нм), б – зелёная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 500–545 нм), в – красная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 620–700 нм), г – мультиканальное изображение

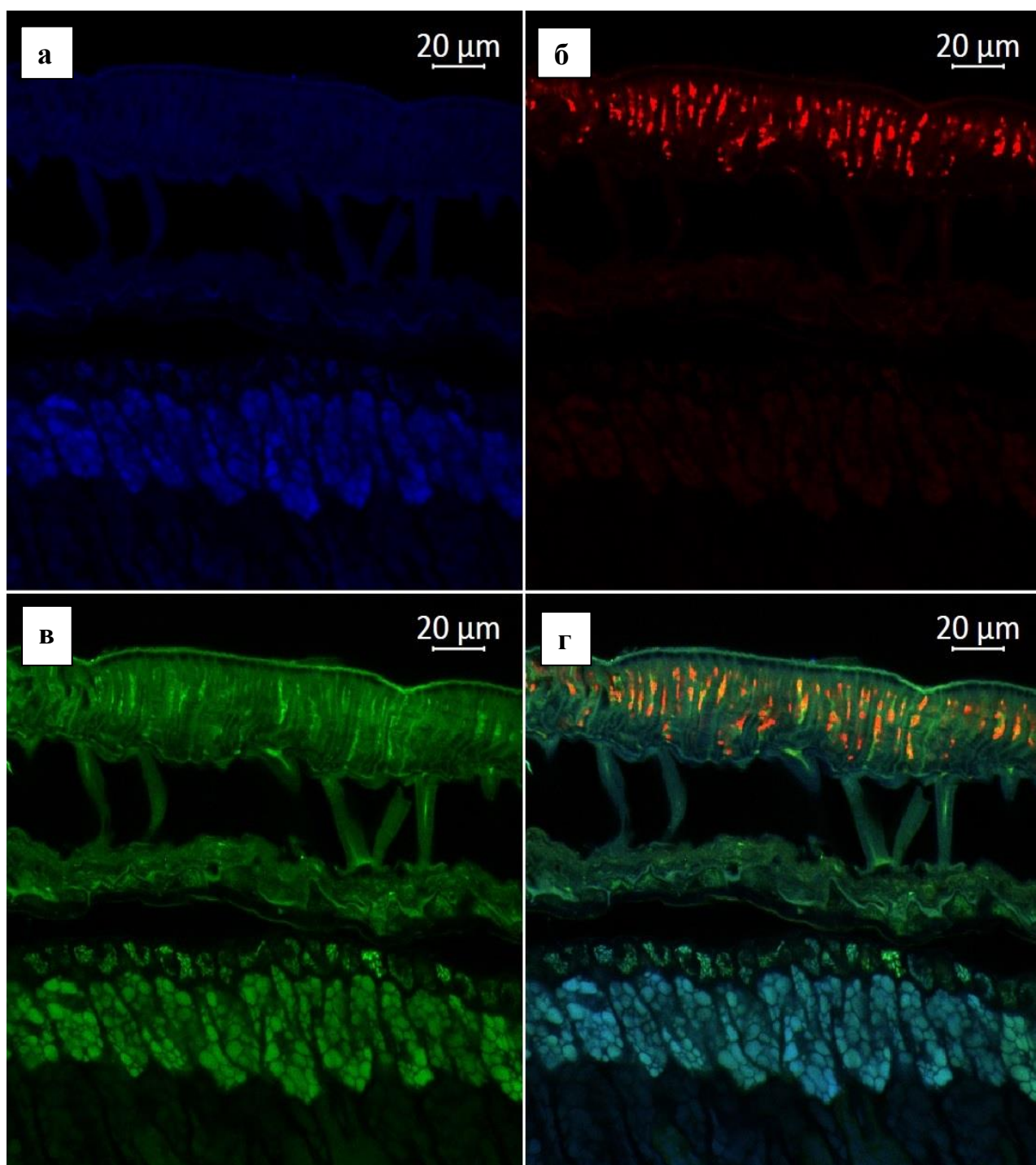


Рисунок 7. Поперечный срез семени сои овощной сортотипа F (урожай 2023 г.), полученный методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии: а – синяя автофлуоресценция (возбуждение 405 нм, эмиссия 400–475 нм), б – зелёная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 500–545 нм), в – красная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 620–700 нм), г – мультиканальное изображение

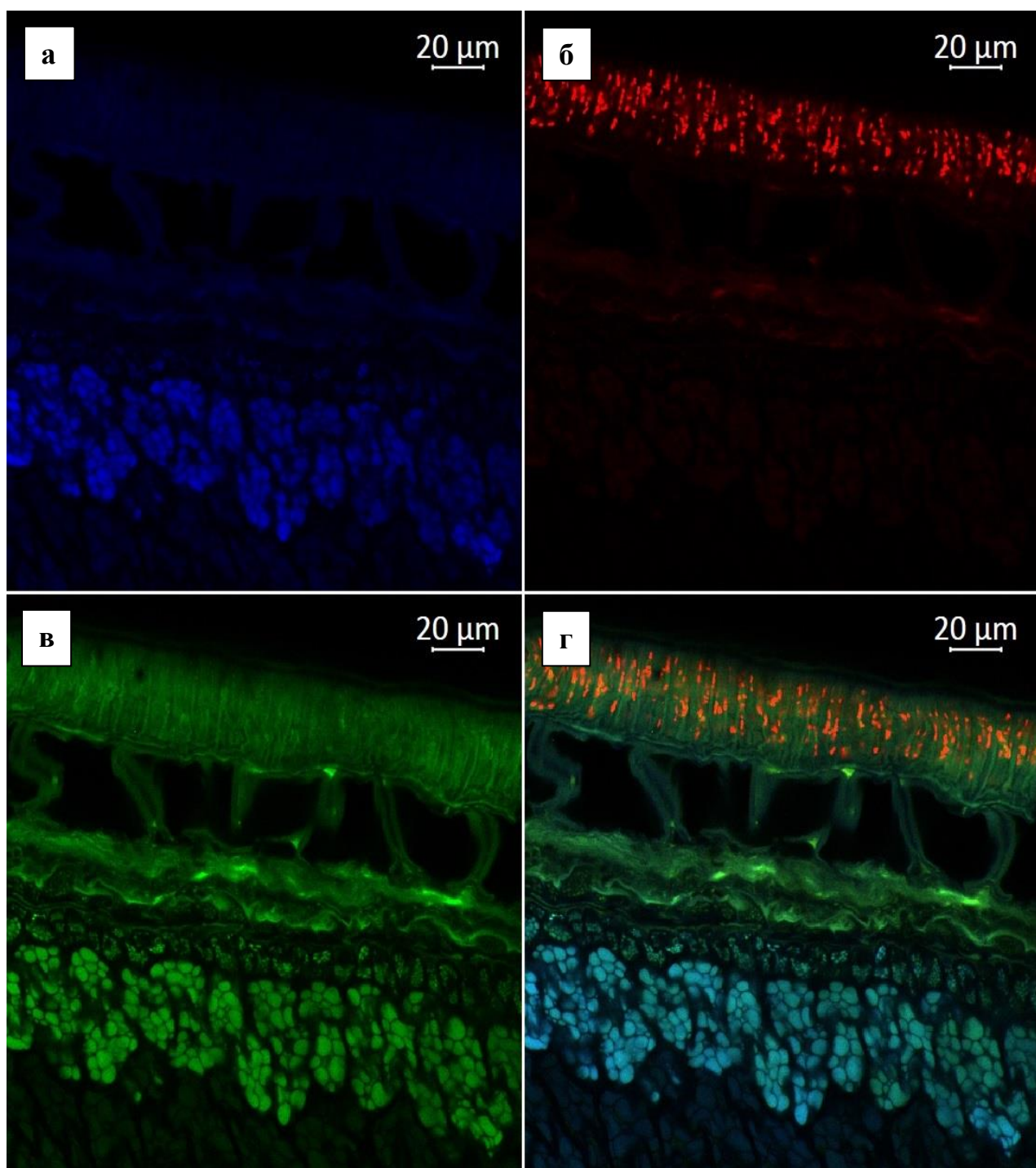


Рисунок 8. Поперечный срез семени сои овощной сортотипа F (урожай 2024 г.), полученный методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии: а – синяя автофлуоресценция (возбуждение 405 нм, эмиссия 400–475 нм), б – зелёная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 500–545 нм), в – красная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 620–700 нм), г – мультиканальное изображение

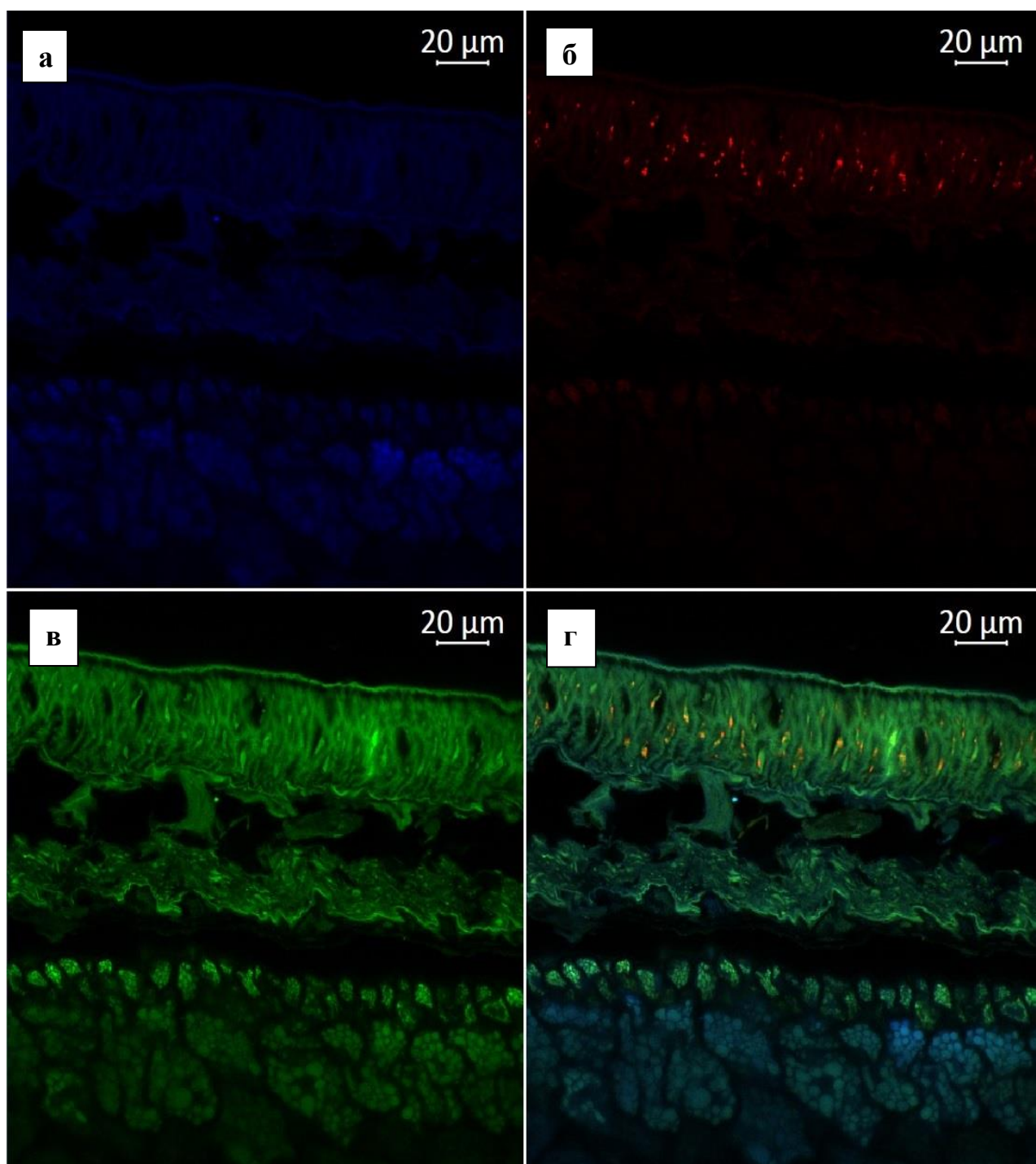


Рисунок 9. Поперечный срез семени сои овощной сорта Нidака (урожай 2022 г.), полученный методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии: а – синяя автофлуоресценция (возбуждение 405 нм, эмиссия 400–475 нм), б – зелёная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 500–545 нм), в – красная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 620–700 нм), г – мультиканальное изображение

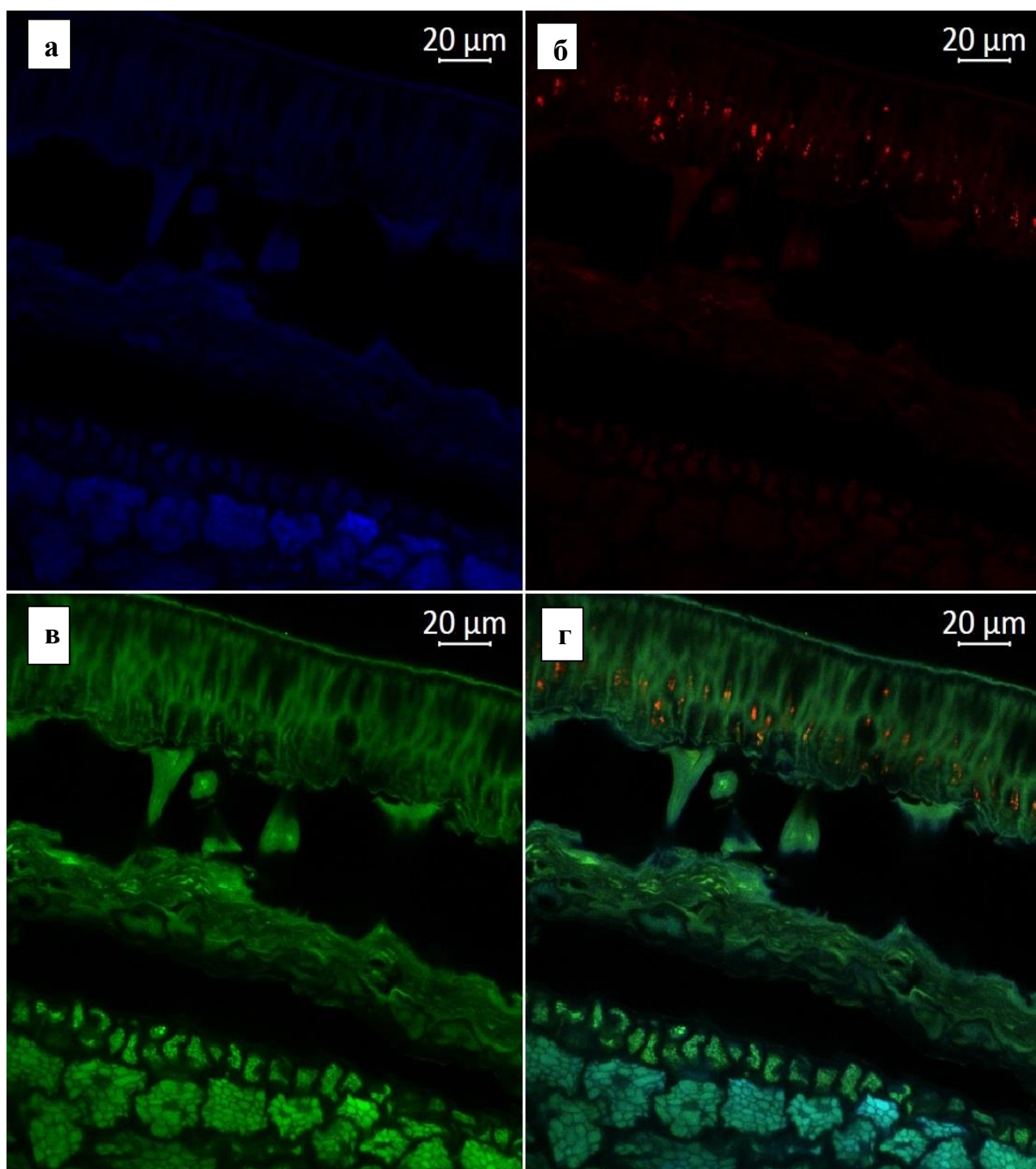


Рисунок 10. Поперечный срез семени сои овощной сорта Hidaka (урожай 2023 г.), полученный методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии: а – синяя автофлуоресценция (возбуждение 405 нм, эмиссия 400–475 нм), б – зелёная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 500–545 нм), в – красная автофлуоресценция (возбуждение 488 нм, эмиссия 620–700 нм), г – мультиканальное изображение

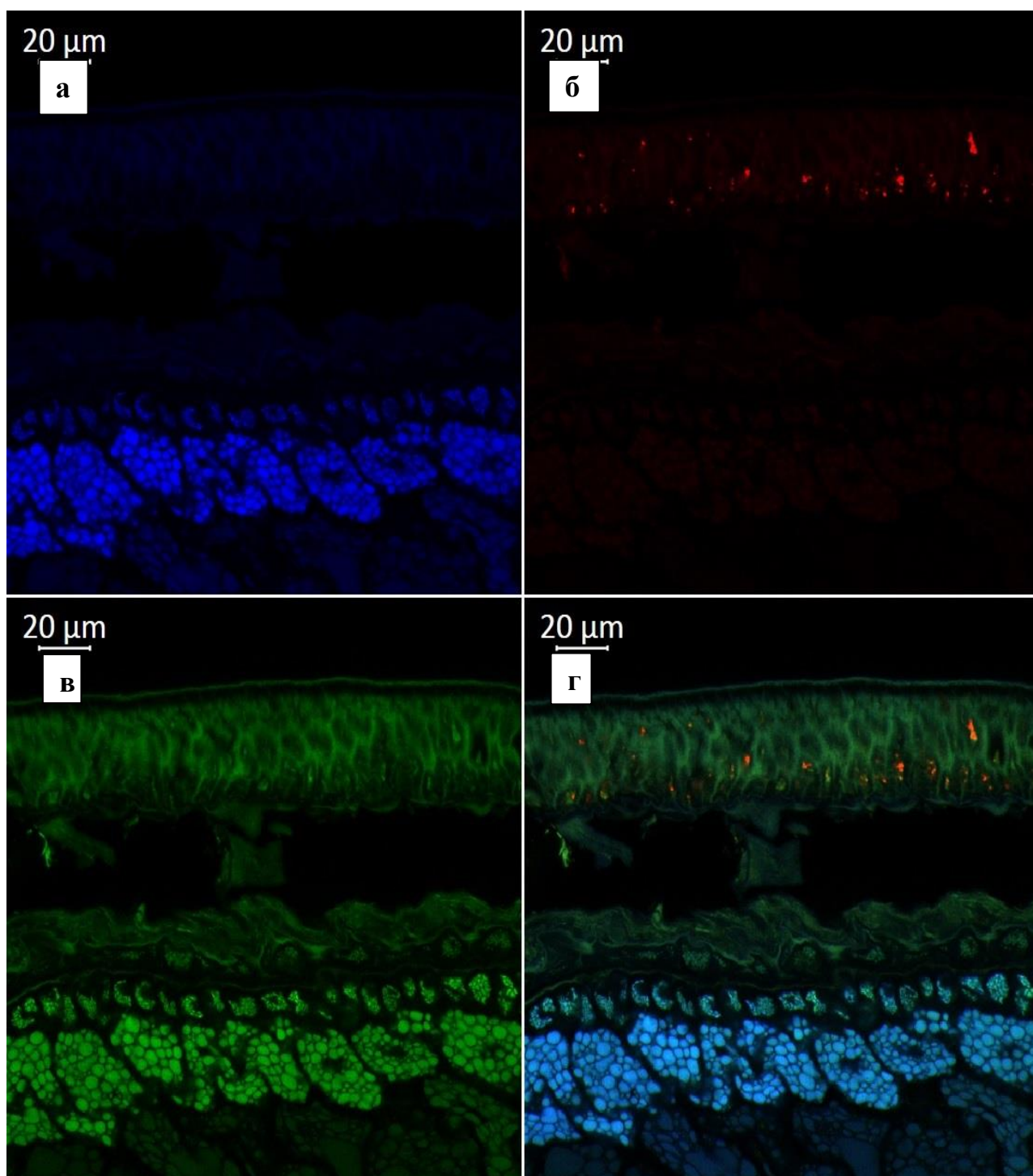


Рисунок 11. Автофлуоресцентная визуализация поперечного среза семени овощной сои сорта Hidaka (урожай 2024 г.), выполненная методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии: а – канал синей флуоресценции (возбуждение 405 нм, эмиссия 400–475 нм); б – канал зелёной флуоресценции (возбуждение 488 нм, эмиссия 500–545 нм); в – канал красной флуоресценции (возбуждение 488 нм, эмиссия 620–700 нм); г – совмещённое мультиканальное изображение

Максимальная концентрация фенольных соединений, преимущественно гидроксициннамовых кислот и флавоноидов, регистрируется в периферических тканях семени: семенной кожуре и субэпидермальных слоях семядолей. Подобная локализация обусловлена барьерной функцией данных метаболитов, обеспечивающих защиту зародыша от УФ-излучения, фитопатогенов и окислительного повреждения тканей (Roshchina V. V. et al., 2017).

По данным В. Т. Синеговской (2008), совместное применение автофлуоресцентной микроскопии и tandemной масс-спектрометрии позволяет дифференцировать биохимический профиль семян овощной сои в зависимости от стрессовых условий выращивания. Автофлуоресцентный анализ визуализирует пространственное распределение вторичных метаболитов преимущественно фенольной природы, тогда как масс-спектрометрия обеспечивает структурную идентификацию белковых фракций и точное количественное определение фенольных соединений.

Автофлуоресцентная микроскопия применяется как экспресс-метод скрининга для визуализации морфологии тканей и картирования эндогенных флуорофоров без использования красителей. В семенах овощной сои сигнал генерируется преимущественно фенольными соединениями, хлорофиллом *a* и флавиновыми коферментами. Анализ их пространственного распределения позволяет косвенно оценивать физиологическое состояние, степень зрелости и стресс-индуцированные метаболические сдвиги. При этом метод не обеспечивает прямого количественного определения белков, липидов и углеводов, не обладающих собственной флуоресценцией в видимом диапазоне; для их анализа необходимы масс-спектрометрия, ИК-спектроскопия или хроматографические методы.

Интеграция автофлуоресцентной микроскопии с хроматографическими и масс-спектрометрическими методами формирует основу для мультимодального анализа семян овощной сои. Данное сочетание позволяет соотносить данные о пространственном распределении эндогенных флуорофоров с количественными параметрами метаболитного профиля. В

частности, визуализация гидроксициннамовых кислот по синему каналу автофлуоресценции верифицируется количественным анализом феруловой и п-кумаровой кислот посредством ВЭЖХ-МС/МС. Подобный подход обеспечивает комплексную идентификацию вторичных метаболитов и выявление корреляций между их тканевой локализацией, физиологическим статусом семян и хозяйственно-ценными признаками (всхожесть, стрессоустойчивость, пищевая ценность). Интеграция указанных аналитических платформ создаёт методическую базу для хемофенотипирования генотипов, что расширяет возможности селекционного отбора по целевым биохимическим характеристикам.

Автофлуоресцентная микроскопия семян овощной сои (*Glycine max* L.) применяется для хемофенотипирования и картирования пространственного распределения вторичных метаболитов. Интенсивность и локализация свечения коррелируют с физиологическими параметрами устойчивости: преобладание синего сигнала в семенной кожуре свидетельствует о накоплении гидроксициннамовых кислот, выполняющих барьерную функцию против фитопатогенов и УФ-излучения. Совмещение автофлуоресцентных данных с молекулярно-генетическим анализом позволяет идентифицировать локусы, контролирующие биосинтез защитных соединений. Метод также обеспечивает экспресс-оценку влияния агротехнических и стрессовых факторов на метаболический статус семян, где динамика флуоресценции выступает индикатором адаптивных реакций. Формируемая на этой основе база хемофенотипических маркёров расширяет возможности адресной селекции генотипов с заданными биохимическими характеристиками.

Автофлуоресцентная микроскопия применяется как метод экспресс-оценки пространственной локализации эндогенных флуорофоров в семенах овощной сои (*Glycine max* L.). Данный подход обеспечивает дифференциацию генотипов по хемофенотипическим параметрам и фиксацию метаболических сдвигов, индуцированных агротехническими приёмами. Интеграция оптического картирования с ВЭЖХ-МС/МС и спектроскопическим анализом

формирует методическую базу для ускоренного фенотипирования селекционного материала по признакам аккумуляции защитных метаболитов. Экспериментальные данные подтверждают протекторную функцию периферически локализованных фенольных соединений, образующих биохимический барьер, повышающий толерантность семян к абиотическим и биотическим стрессорам. Разработка таких мультимодальных подходов к оценке качества семян способствует оптимизации селекционных программ и может в перспективе содействовать созданию сортов сои овощной с улучшенными адаптивными свойствами.

ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН БИОПРЕПАРАТОМ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ УДОБРЕНИЕМ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ И СОРТООБРАЗЦОВ СОИ ОВОЩНОЙ

4.1 Толщина стебля

Толщина стебля – это комплексный признак, формирующийся под влиянием генетических факторов (сорт, сортобразец) и агротехнических условий выращивания (применение биопрепаратов, микробиологических удобрений, режим питания, густота посева). В зависимости от сочетания этих факторов диаметр стебель варьирует в широких пределах: от 3–4 мм у тонкостебельных форм до 16–20 мм у мощных, интенсивно развивающихся растений. У сои есть сорта с индетерминантным (незаконченным) и детерминантным (законченным) типами роста. Например: детерминантные сорта – рост основного стебля прекращается после перехода в стадию цветения, стебель плотный и короткий с небольшим количеством узлов. Индетерминантные сорта – вегетация основного стебля и образование его узла продолжается в течение всего периода развития в пазушных узлах, стебель вытянутый, постепенно сужающийся, ближе к верхушке междоузлия становятся тоньше. Форма роста контролируется системой генов, среди которых ключевую роль играют локусы $Dt1/dt1$, $Dt2/dt2$. Генетический контроль архитектуры растения определяет число узлов на главном стебле, что напрямую задаёт его диаметр и механическую устойчивость. В стандартизированных условиях выращивания генотипические факторы обуславливают 80–90 % фенотипической вариабельности толщины стебля. Указанная закономерность подтверждает определяющую роль селекции в закладке морфологических параметров, тогда как агротехнические воздействия, включая инокуляцию, функционируют как средовые

модификаторы, направленные на оптимизацию реализации наследственного потенциала (Озякова Е. Н. и др., 2014).

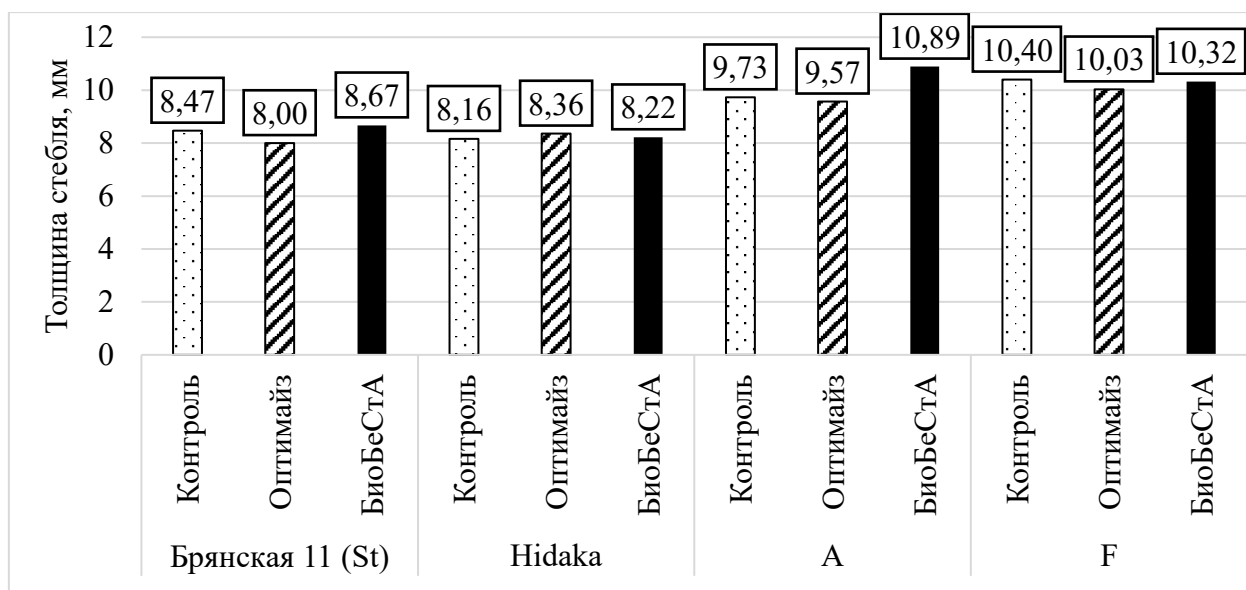
По результатам дисперсионного анализа данных за 2022–2024 гг. (приложение А4) установлено, что вариабельность толщины стебля овощной сои детерминирована генотипическими и агротехническими факторами, а также их взаимодействием. Доминирующий вклад фактора сорта (47 %) свидетельствует о высокой наследуемости признака, что обосновывает приоритет селекционных методов формирования устойчивой архитектуры над исключительно агротехнической регуляцией. Низкое значение фактора В (3 %) свидетельствует о том, что применение биопрепарата и микробиологического удобрения и других биологических средств само по себе не обеспечивает значимого утолщения стебля. Однако это не снижает их ценности: они могут влиять на другие хозяйственно–важные признаки (урожайность, азотфиксация, стрессоустойчивость). Взаимодействие генотип $\times$ биопрепарат и микробиологическое удобрение (фактор $A \times B = 28 \%$) было значимым, поскольку эффективность биопрепарата и микробиологического удобрения проявляется избирательно и зависит от сортовой принадлежности. Один и тот же инокулянт может стимулировать утолщение стебля у одних генотипов и быть нейтральным или даже ингибирующим у других. Это обосновывает необходимость: дифференцированного подбора биопрепарата и микробиологического удобрения под конкретный сорт; проведения предварительных скрининговых испытаний при внедрении новых комбинаций «сорт, сортообразец $\times$ биопрепарат, микробиологическое удобрение» и разработки персонализированных агротехнологий для сои овощной. Значительный вклад фактора повторения (28 %) не является ошибкой – это сигнал о важности учёта полевой неоднородности. Он подтверждает, что условия размещения делянок влияют на морфогенез сои не меньше, чем некоторые агротехнические приёмы. Относительно низкая доля ошибки (19 %) указывает на высокую воспроизводимость результатов и адекватность выбранной модели эксперимента. Тем не менее, часть вариабельности может быть связана с

неучтёнными факторами (микроклимат, гетерогенность почвы, фенофаза отбора проб), что следует учитывать при планировании дальнейших исследований.

На основании проведённого дисперсионного анализа установлено, что из всех изученных факторов статистически достоверное влияние на толщину стебля сои овощной оказал только фактор А – сорта, сортообразцы: $F_{\text{факт.}} = 15,08 > F_{\text{табл.}} = 3,05$. Наблюдаемые различия между вариантами с биопрепаратом и микробиологическим удобрением и контролем укладываются в рамки случайной вариабельности. Нулевая гипотеза не отвергается: $F_{\text{факт.}} = 1,29 < F_{\text{табл.}} = 3,44$. В рамках опыта предпосевная обработка семян не является эффективным инструментом управления толщиной стебля. Реакция факторов А×В генотипов на биопрепарат и микробиологическое удобрение не различается достоверно ($F_{\text{факт.}} = 0,57 < F_{\text{табл.}} = 2,55$), то есть нет свидетельств того, что одни сорта отвечают на инокулянты усилением толщины стебля, а другие – нет. Поэтому для управления толщиной стебля приоритет следует отдавать выбору сорта, а не комбинации «сорт x препарат». Точность опыта равна 5,2 % – удовлетворительная.

При оценке частных различий между вариантами опыта по толщине стебля сои овощной (рис. 12) с учётом применения различных сортов, сортообразцов, а также предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением ($НСР_{05}$ частных различий = 1,4 мм) было установлено, что наилучший результат – 10,89 мм был получен при инокуляции сортообразца А микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж в норме 1,0 л/т, что существенно превышало контроль Брянская 11 без обработки семян (8,47 мм) на 2,42 мм или 28,6 %. Также большая толщина стебля обеспечивалась при применении данного удобрения на семенах сортообразца F и в варианте без инокуляции, соответственно 10,32 и 10,4 мм, что существенно превышало контроль на 1,85 и 1,93 мм или 21,8 и 22,8 %. Самый низкий достоверный показатель толщины стебля сои овощной наблюдался у сортообразца F, семена которого перед посевом были обработаны биологическим препаратом Оптимайз 400, РК в норме 1,8 л/т – 10,03 мм, что существенно превышало контрольный вариант на 1,56 мм или 18,4 %. В остальных вариантах опыта толщина стебля была на одном уровне

с контрольным вариантом (8,0–9,73 мм), то есть разница по этому показателю была не существенной, математически не доказанной.



Примечание. НСР₀₅ (частных различий) = 1,4 мм, НСР₀₅ (фактор А) = 0,81 мм. Средние значения толщины стебля по фактору А: Брянская 11 (St) – 8,38 мм, Hidaka – 8,25 мм, А – 10,06 мм и F – 10,25 мм; по фактору В: $F_{\text{факт.}} = 1,29 < F_{05} = 3,44$.

Рисунок 12. Толщина стебля сортов и сортообразцов сои овощной в зависимости от предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, мм (среднее за 2022–2024 гг.)

Сравнение средних значений по фактору А (НСР₀₅ = 0,81 мм) показало, что самую высокую толщину стебля формировал сортообразец сои F – 10,25 мм, что было существенно на 1,87 мм или 22,3 % выше сорта стандарта Брянская 11 (8,38 мм). Сортообразец А с показателем 10,06 мм также существенно превышали сорт стандарт, соответственно на 1,68 мм или 20,0 %. Различия в толщине стебля между сортом Hidaka (8,25 мм) и Брянская 11 (St) были не существенны, математически не доказаны.

4.2 Высота прикрепления нижнего боба

Ключевым критерием пригодности сорта к механизированной уборке является высота прикрепления нижних бобов, напрямую влияющая на величину потерь урожая. Коэффициент наследуемости данного признака составляет всего 28 %, тогда как остальная вариативность обусловлена природно–

климатическими и агротехническими факторами. Согласно данным литературы, оптимальная высота прикрепления нижних бобов должна находиться в пределах 10–12 см (Расулова В. А. и др., 2025; Созонова А. Н. и др., 2017).

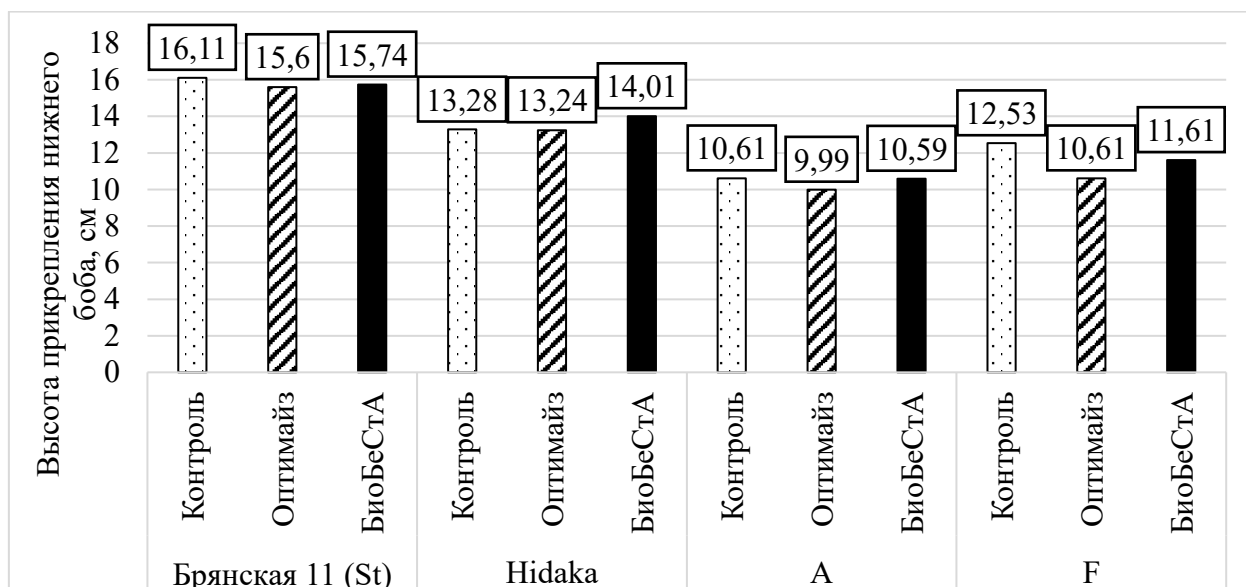
Высота прикрепления нижнего боба коррелирует с общей высотой растения и является критическим параметром для механизированной уборки. Чрезмерно низкое расположение бобов препятствует работе уборочной техники, приводя к значительным потерям зерна (Atnafu T. et al., 2021; Krivosudska E. et al., 2013).

Результаты дисперсионного анализа в среднем за 2022–2024 гг. показали, что изменчивость высоты прикрепления нижнего боба сои обусловлена совместным влиянием генетических и агротехнических факторов, а также их взаимодействием (приложение В4). Доминирующую роль играет генотип (фактор $A = 73 \%$), что свидетельствует о высокой степени наследственной детерминации признака. Вклад фактора В (применение биопрепарата и микробиологического удобрения) оказался незначительным (2%), что указывает на отсутствие самостоятельного эффекта инокулянтов на данный параметр. Взаимодействие сорт, сортообразец $\times$ биопрепарат, микробиологическое удобрение было слабым (2%). Существенная доля вариации, приходящаяся на фактор повторности (15%), обусловлена полевой неоднородностью. Низкий уровень влияния ошибки опыта (8%) подтверждает высокую воспроизводимость результатов и адекватность выбранной модели эксперимента.

Результаты дисперсионного анализа показали, что статистически достоверное влияние на высоту прикрепления нижнего боба сои овощной оказал только фактор А (сорта, сортообразцы): $F_{\text{факт.}} = 66,43 > F_{\text{табл.}} = 3,05$. Влияние фактора В (биопрепарат, микробиологическое удобрение) оказалось незначимым ($F_{\text{факт.}} = 2,63 < F_{\text{табл.}} = 3,44$), следовательно, нулевая гипотеза не отвергается, а наблюдаемые различия между обработанными вариантами и контролем лежат в пределах случайной вариабельности. Взаимодействие факторов $A \times B$ также не достигло уровня значимости ($F_{\text{факт.}} = 0,83 < F_{\text{табл.}} = 2,55$), что свидетельствует об однородности реакции генотипов на инокуляцию. В связи с этим предпосевная

обработка семян не является эффективным инструментом регулирования данного признака, и приоритет следует отдавать выбору сорта. Ошибка опыта составила 3,9 %, что характеризует вполне удовлетворительную точность исследований.

Анализ частных различий между вариантами опыта по высоте прикрепления нижнего боба сои овощной (рис. 13) проводился при $НСП_{05} = 1,47$ см. Установлено, что сорт Нidака достоверно уступал сорту–стандарту Брянская 11 (контроль, 16,11 см): разница составила 2,1–2,87 см (13,0–17,8 %). Ещё более существенное отставание выявлено у сортообразца А (на 5,5–6,12 см, или 34,1–38,0 %) и сортообразца F (на 3,58–5,5 см, или 12,2–34,1 %). Обработка семян Брянская 11 биопрепаратом Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т и микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т не привела к значимым изменениям признака. Различия между обработанными вариантами и контролем находились в пределах ошибки опыта и были статистически не достоверны. Поэтому в рамках данного опыта предпосевная обработка семян не оказала существенного влияния на высоту прикрепления нижнего боба.



Примечание. $НСП_{05}$ (частных различий) = 1,47 см, $НСП_{05}$ (фактор А) = 0,85 см. Средние значения высоты прикрепления нижнего боба по фактору А: Брянская 11 (St) – 15,82 см, Нidака – 13,51 см, А – 10,4 см и F – 11,58 см; по фактору В: $F_{факт.} = 2,63 < F_{05} = 3,44$.

Рисунок 13. Высота прикрепления нижнего боба сортов и сортообразцов сои овощной в зависимости от предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, см (среднее за 2022–2024 гг.)

Сравнение средних значений по фактору А ($НСР_{05} = 0,85$ см) выявило статистически достоверные различия в высоте прикрепления нижнего боба. Сорт Hidaka (13,51 см) существенно уступал сорту–стандарту Брянская 11 (15,82 см) на 2,31 см, или 14,6 %. Ещё более выраженное отставание отмечено у сортообразца F (11,58 см) – на 4,24 см (26,8 %) и сортообразца А (10,4 см) – на 5,42 см (34,3 %). В связи с чем все изученные генотипы достоверно уступали стандарту по данному признаку.

4.3 Количество бобов на растении

Количество бобов на растении сои овощной – управляемый параметр, зависящий не только от сортовой генетики, но и от качества предпосевной подготовки семян. Предпосевная инокуляция биопрепаратами является экономически эффективным приёмом, обеспечивающим прирост урожайности на 13–17 % и повышение качества продукции за счёт усиления симбиотической азотфиксации (Афонин Н. М. и др., 2023).

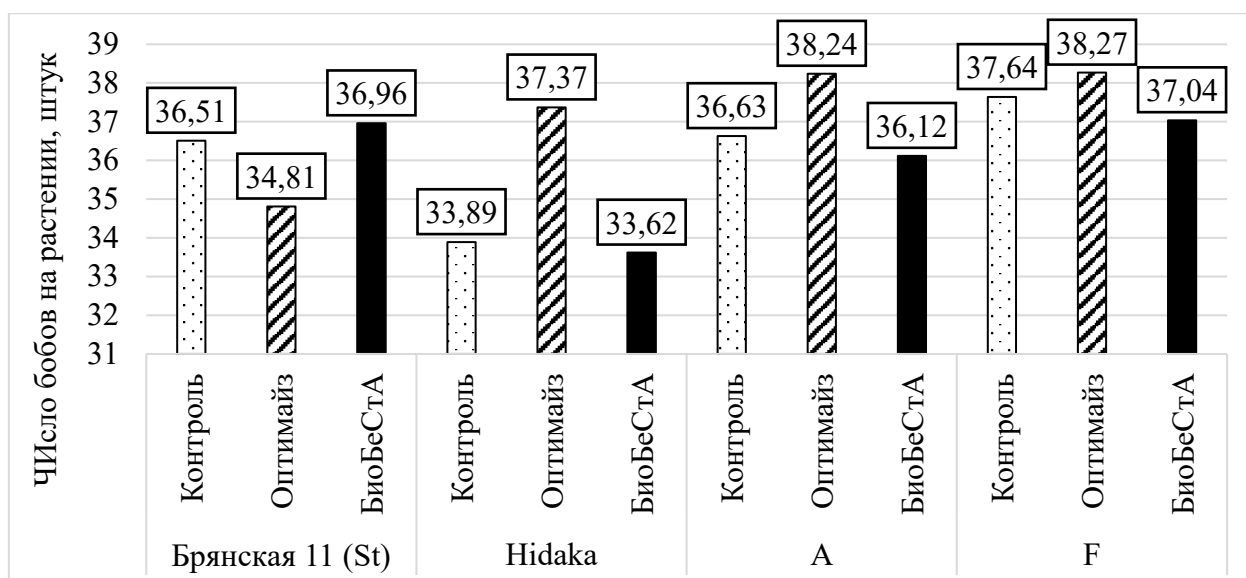
По результатам дисперсионного анализа (2022–2024 гг., приложение С4) вариабельность числа бобов на растении овощной сои детерминирована генотипом (29 %), взаимодействием «сорт, сортообразец × инокулянт» (22 %) и фактором пространственной неоднородности участка (22 %). Влияние предпосевной обработки как самостоятельного фактора составило 7 % и не достигло уровня статистической значимости. Доминирующий вклад генотипа подтверждает высокую наследуемость продуктивности, тогда как значимое взаимодействие А×В указывает на необходимость селективно-адресного подбора инокулянтов под конкретный сорт. Уровень остаточной дисперсии (20 %) соответствует допустимым нормам для многофакторных полевых опытов с биологическими объектами.

По результатам дисперсионного анализа формирование числа бобов на растении достоверно определялось генотипом ($F_{\text{факт.}} = 6,85 > F_{\text{табл.}} = 3,05$), тогда как основной эффект инокуляции оказался статистически незначимым

($F_{\text{факт.}} = 2,91 < F_{\text{табл.}} = 3,44$). Выявленное значимое взаимодействие факторов $A \times B$ ($F_{\text{факт.}} = 3,09 > F_{\text{табл.}} = 2,55$) указывает на сортозависимый характер ответа на биопрепараты. Низкая доля остаточной вариации (2,1 %) подтверждает высокую точность постановки полевого опыта. Полученные данные обосновывают необходимость адресного подбора инокулянтов в системе «сорт, сортообразец $\times$ штамм $\times$ условия среды» для реализации продукционного потенциала культуры.

Анализ частных различий между вариантами опыта по количеству бобов на растении проводился с использованием наименьшей существенной разницы ($НСП_{05} = 2,26$ шт.) (рис. 14). Установлено, что большинство изученных сортов и сортообразцов сои не имели статистически значимых отличий от контрольного варианта (сорт–стандарт Брянская 11 без предпосевной обработки семян). Различия между данными вариантами и контролем не превышали значения $НСП_{05}$, что свидетельствует об их биологической эквивалентности по продуктивности в условиях данного исследования. Исключение составил сорт Hidaka, для которого было обеспечено достоверное снижение количества бобов на растении в двух вариантах: при предпосевной обработке семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) – на 2,89 шт. (7,9 %) и без инокуляции – на 2,62 шт. (7,2 %). При этом абсолютные значения признака составили 33,62 и 33,89 штук на растение соответственно против 36,51 штук в контроле. Поскольку снижение наблюдалось как при обработке, так и без неё, данный эффект, вероятнее всего, обусловлен сортовой спецификой сорта Hidaka, а не действием биопрепарата и микробиологического удобрения.

Сравнение средних значений по фактору А ($НСП_{05} = 1,31$ шт.) выявило статистически достоверные различия по количеству бобов на растение только у сортообразца F (37,65 штук), который существенно превышал сорт стандарт Брянская 11 на 1,56 штук или 4,32 %. Данный результат свидетельствует о наличии у сортообразца F повышенного потенциала продуктивности, реализуемого в условиях данного исследования.



Примечание. НСР₀₅ (частных различий) = 2,26 шт., НСР₀₅ (фактор А) = 1,31 шт. Средние значения количества бобов на растении по фактору А: Брянская 11 (St) – 36,09 шт., Hidaka – 34,96 шт., А – 37,0 шт. и F – 37,65 шт.; по фактору В: $F_{\text{факт.}} = 2,91 < F_{05} = 3,44$.

Рисунок 14. Количество бобов на растении сортов и сортообразцов сои овощной в зависимости от предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, штук (среднее за 2022–2024 гг.)

Для сорта Hidaka (34,96 штук на растение) и сортообразца А (37,0 штук на растение) статистически значимых отличий от контроля не установлено: абсолютные отклонения от стандарта не превышали значения НСР₀₅, что позволяет считать данные генотипы биологически эквивалентными сорту Брянская 11 по уровню формирования бобов в рамках проведённого опыта.

4.4 Количество ветвей на растении

Ветвистость растений находится в обратной зависимости от густоты стояния: чем разреженнее агроценоз, тем больше ветвей формируется на одном растении. Однако при создании продуктивных сортов возникает агрономическое противоречие: регулирование густоты посева для увеличения ветвистости одновременно повышает риск полегания, поскольку стебель не всегда обладает достаточной механической прочностью для удержания развитой кроны (Барчукова А. Я. и др., 2009).

Собственные полевые наблюдения согласуются с данными Р. В. Щучки (2006): овощные сорта благодаря утолщённому стеблю допускают увеличение ветвистости, но оптимальное количество ветвей не должно превышать 5–6 шт. на растение.

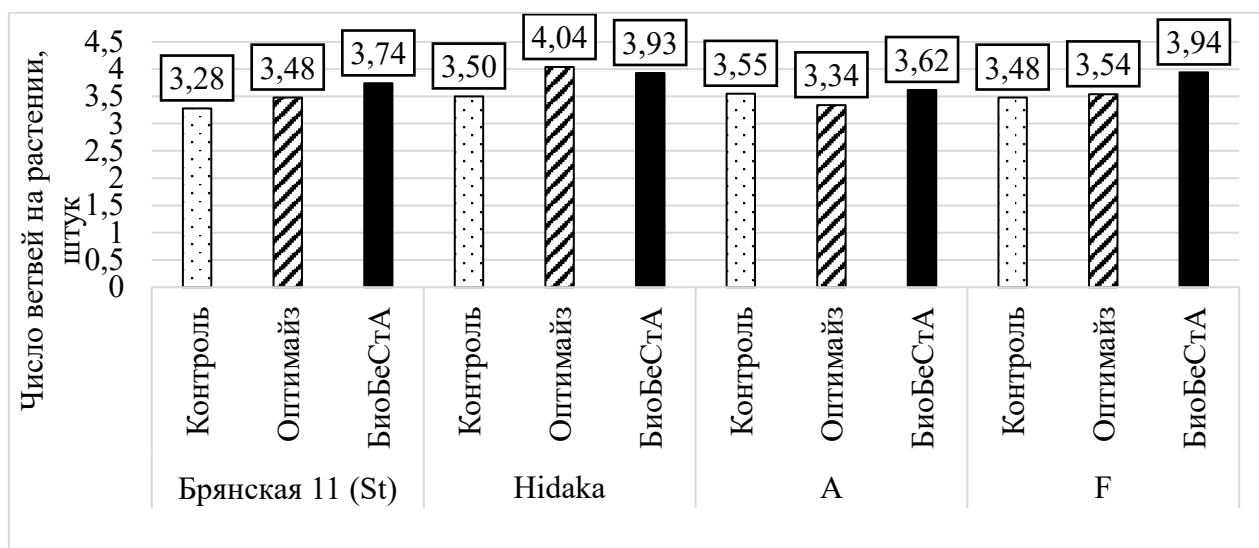
На ветвистость сои овощной оказывают влияние как сортовые особенности, так и применение биопрепаратов. Литературные данные свидетельствуют о значительной дифференциации сортов по характеру ветвления, а также о способности биопрепаратов регулировать этот процесс и формировать структуру урожая (Абаев А. А. и др., 2007).

Результаты дисперсионного анализа в среднем за 2022–2024 гг. (приложение D4) свидетельствуют о существенном и сопоставимом влиянии как генотипических, так и технологических факторов на ветвистость сои. Доля объяснённой дисперсии, обусловленная сортовой принадлежностью (фактор А), составила 28 %, применением биопрепарата и микробиологического удобрения (фактор В) – 30 %. Взаимодействие факторов А×В обусловило 6 % дисперсии признака, что свидетельствует об аддитивном характере влияния генотипа и инокуляции и отсутствии выраженной сортовой специфичности. Доли вариации, приходящиеся на фактор повторности (пространственная неоднородность участка) и остаточную ошибку, составили по 18 %, что соответствует допустимым нормам и подтверждает высокую точность постановки полевого опыта.

По данным двухфакторного дисперсионного анализа (приложение D4), вариабельность числа боковых побегов у овощной сои достоверно определялась фактором предпосевной инокуляции ($F_{\text{факт.}} = 4,14 > F_{\text{табл.}} = 3,44$). Влияние генотипа оказалось статистически незначимым ($F_{\text{факт.}} = 2,3 < F_{\text{табл.}} = 3,05$), что свидетельствует о нивелировании сортовых различий по ветвистости в условиях данного агрофона. Взаимодействие факторов (А×В) также было статистически незначимо ($F_{\text{факт.}} = 0,98 < F_{\text{табл.}} = 2,55$), что указывает на аддитивный характер влияния изучаемых факторов: эффективность биопрепарата и микробиологического удобрения не зависит от сортовой

принадлежности. Относительная ошибка средней арифметической (точность опыта) характеризуется как вполне удовлетворительная (5 %), что подтверждает надежность полученных результатов.

Оценку достоверности частных различий между вариантами опыта проводили с использованием наименьшей существенной разницы ($НСР_{05} = 0,51$ шт.) (рис. 15).



Примечание. $НСР_{05}$ (частных различий) = 0,51 шт., $НСР_{05}$ (фактор В) = 0,26 шт. Средние значения количества ветвей на растении по фактору А: $F_{факт.} = 2,3 < F_{05} = 3,05$; по фактору В: контроль, без обработки – 3,45 шт., Оптимайз 400 – 3,6 шт. и БиоБеСтА – 3,81 шт.

Рисунок 15. Количество ветвей на растении сортов и сортообразцов сои овощной в зависимости от предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, штук (среднее за 2022–2024 гг.)

Максимальное количество ветвей на растении (4,04 шт.) сформировал сорт Hidaka при предпосевной обработке семян биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т), что превышало контрольный вариант, где возделывалась Брянская 11 (St) без обработки семян перед посевом на 0,76 шт. или 23,2 %. В рамках одного генотипа (сорт Hidaka) применение микробиологического удобрения БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) обеспечило достоверное увеличение ветвистости на 0,65 шт. (19,8 %) по сравнению с контролем. Аналогичный положительный эффект наблюдался у сортообразца F: превышение над контролем составило 0,66 шт. (20,1 %), при абсолютном значении 3,94 шт. Различия по остальным вариантам опыта не превышали значения $НСР_{05}$ и были статистически незначимы.

Анализ данных по фактору В (биопрепарат, микробиологическое удобрение) подтвердил достоверное влияние предпосевной обработки семян на количество ветвей на растении сои ($НСР_{05} = 0,26$ шт.). Наиболее эффективным оказался вариант предпосевной обработки семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), при котором сформировалось 3,81 ветви на растении. Это достоверно превышает контроль (варианты без обработки) на 0,36 шт., или 10,4 %. Применение биопрепарата ОптимаЙз 400, РК (1,8 л/т) также продемонстрировало положительную динамику (0,15 шт. к контролю), однако данное различие не достигло уровня статистической значимости (разница меньше $НСР_{05}$).

4.5 Количество продуктивных узлов

Число продуктивных узлов и среднее количество бобов в узле служат важными косвенными показателями при оценке продуктивности генотипов бобовых культур (Кайгородова И. М. и др., 2013).

По данным Д. Р. Шафигулина (2019), среднее число продуктивных узлов составило 14,6 шт. для сортообразца А и 18,3 шт. для сорта Hidaka. Значения, полученные в настоящем исследовании, превышают указанные литературные данные. Вероятно, формирование большего количества узлов обусловлено не только генетическим потенциалом, но и применением биопрепаратов, стимулирующих морфогенез, а также благоприятными почвенно–климатическими условиями года проведения опыта.

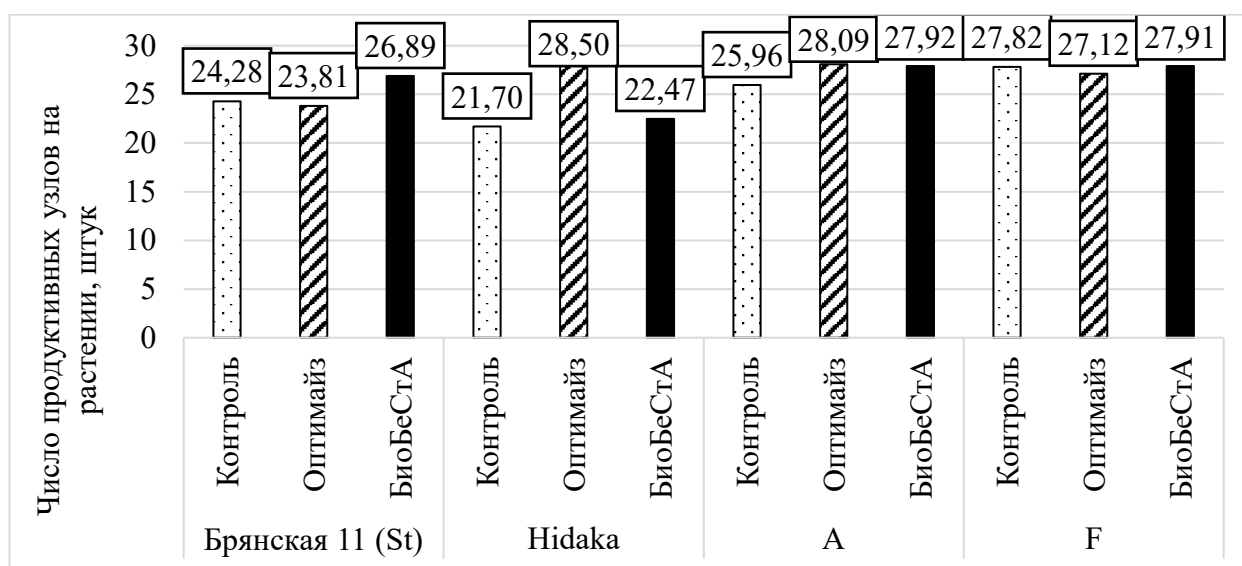
Формирование количества продуктивных узлов на растении овощной сои обусловлено как сортовой принадлежностью, так и применением биопрепаратов. Данные признаки, наряду со средним числом бобов в узле, относятся к ключевым компонентам структуры урожая, что определяет повышенный интерес исследователей к факторам, регулирующим их развитие (Абаев А. А. и др., 2007).

Результаты дисперсионного анализа в среднем за 2022–2024 гг. (приложение Е4) показали, что варьирование количества продуктивных узлов на растении сои определялось преимущественно взаимодействием сортов, сортообразцов, биопрепарата и микробиологического удобрения. Доля объяснённой дисперсии, обусловленная фактором «сортная принадлежность» (А), составила 31 %, тогда как взаимодействие (А×В) объясняет 35 % вариации признака. Это свидетельствует о выраженной специфичности реакции: эффективность инокулянтов зависит от генетических особенностей сорта. Вклад фактора инокуляции (В) составил 10 %, что подтверждает отсутствие универсального эффекта биопрепарата и микробиологического удобрения вне сортового контекста. Доли дисперсии, обусловленные пространственной неоднородностью участка (повторность) и остаточной ошибкой, составили 11 % и 13 % соответственно, что укладывается в допустимые пределы для полевых экспериментов.

По данным двухфакторного дисперсионного анализа (приложение Е4), формирование числа продуктивных узлов у овощной сои достоверно определялось как сортами и сортообразцами, так и предпосевной инокуляцией. Влияние фактора сорта оказалось наиболее выраженным ($F_{\text{факт.}} = 16,33 > F_{\text{табл.}} = 3,05$), тогда как эффект биопрепарата и микробиологического удобрения также достиг уровня статистической значимости ($F_{\text{факт.}} = 7,62 > F_{\text{табл.}} = 3,44$). Выявленное достоверное взаимодействие А×В ($F_{\text{факт.}} = 9,1 > F_{\text{табл.}} = 2,55$) свидетельствует о сортозависимом характере ответа на микробные инокулянты. Точность опыта (2,8 %), характеризуется как хорошая, что гарантирует надежность полученных закономерностей.

Оценку достоверности частных различий по количеству продуктивных узлов на растении сои проводили с использованием наименьшей существенной разницы ($НСР_{05} = 2,12$ шт.; рис. 16). Максимальное значение числа продуктивных узлов (28,5 шт.) получено при обработке семян сорта Hidaka биопрепаратом Оптимаиз, 400, РК (1,8 л/т). Данный вариант достоверно превышал контроль (Брянская 11 без обработки – 24,28 шт.) на 4,22 шт., или на 17,4 %. Высокое

количество продуктивных узлов формировалось на растении при обработке семян этим же биопрепаратом, но сортообразца А – 28,09 шт., что существенно превышало контроль на 3,81 шт. (15,7 %). По остальным вариантам опыта замечена также достоверная прибавка. Только вариант, где высевали сорт Hidaka без инокуляции, существенно уступал контролю на 2,58 шт. или 10,6 %. Сортообразец А, без обработки семян и сорт–стандарт Брянская 11 с применением биопрепарата Оптимайз, 400, РК (1,8 л/т) по данному показателю не превышали контроль, разница с ним была ниже значения НСР₀₅ и несущественной.



Примечание. НСР₀₅ (частных различий) = 2,12 шт., НСР₀₅ (фактор А) = 1,22 шт., НСР₀₅ (фактор В, АВ) = 1,06 шт. Средние значения количества продуктивных узлов на растении по фактору А: Брянская 11 (St) – 24,99 шт., Hidaka – 24,22 шт., А – 27,32 шт. и В – 27,62 шт.; по фактору В: контроль, без обработки – 24,94 шт., Оптимайз 400 – 26,88 шт. и БиоБеСтА – 26,3 шт.

Рисунок 16. Количество продуктивных узлов на растении сортообразцов и сортов сои овощной в зависимости от предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, штук (среднее за 2022–2024 гг.)

Сравнение средних значений по фактору А (сорт, сортообразец) с использованием НСР₀₅ = 1,22 шт. выявило статистически достоверные различия между изученными образцами. Максимальное количество продуктивных узлов (27,62 штук на растение) сформировал сортообразец В, что достоверно превышало Брянская 11 (St) на 2,63 шт. (10,5 %). Сортообразец А также показал значимое превышение над стандартом: прибавка составила 2,33 шт. (9,3 %). В отличие от них, сорт Hidaka не обеспечил достоверной

прибавки по данному показателю (разница со стандартом 0,77 шт. статистически незначима, так как меньше значения $НСП_{05}$).

Анализ влияния фактора В (биопрепарат, микробиологическое удобрение) выявил достоверное положительное действие предпосевной обработки семян на количество продуктивных узлов на растении сои ($НСП_{05} = 1,06$ шт.). Применение микробиологического удобрения БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) обеспечило достоверное увеличение показателя на 1,36 шт. (5,4 %) относительно контроля (24,94 шт.), достигая абсолютного значения 26,30 штук на растение. Более выраженный эффект получен при обработке биопрепаратом Оптимаиз 400, РК (1,8 л/т): прибавка составила 1,94 шт. (7,8 %), что соответствует абсолютному показателю 26,88 штук на растение.

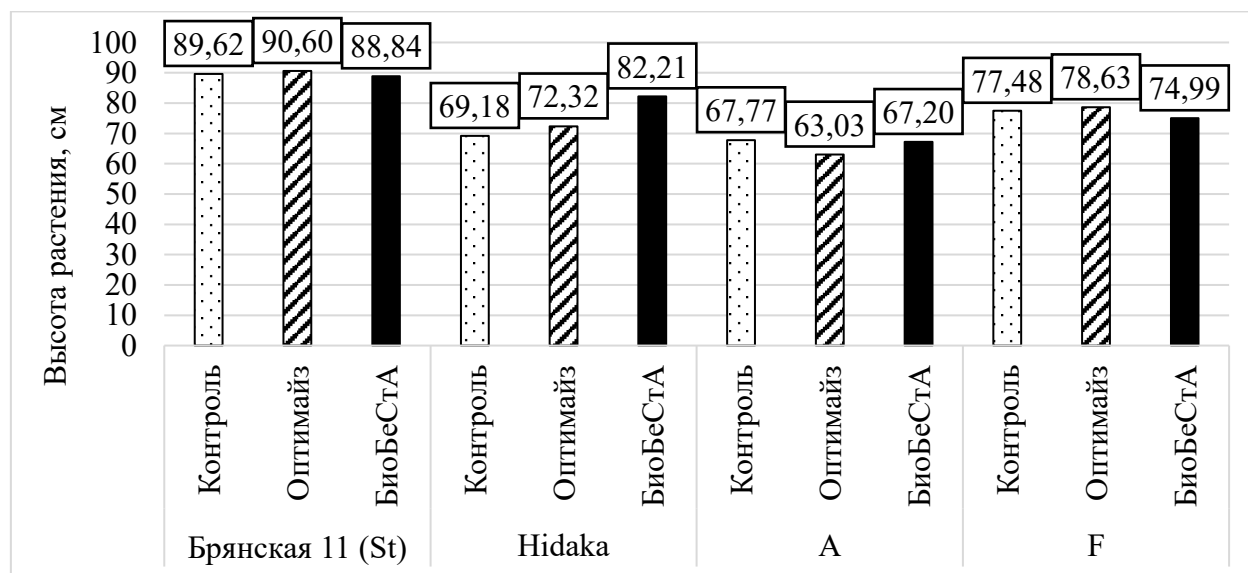
4.6 Высота растения

Высота растений овощной сои является важным морфологическим признаком, формирование которого обусловлено как генотипическими особенностями, так и применением биопрепаратов. Литературные данные подтверждают значительную изменчивость данного показателя в зависимости от сортовой принадлежности и условий возделывания, а также стимулирующую роль биологических средств на ростовые процессы (Зубарева К. Ю. и др., 2020; Романова Е. В. и др., 2006).

По результатам дисперсионного анализа (2022–2024 гг., приложение F4) вариабельность высоты растений овощной сои детерминирована преимущественно генотипом: вклад фактора А составил 82 %, что свидетельствует о высокой генетической детерминации признака. Влияние инокуляции как самостоятельного фактора оказалось минимальным (1 %), тогда как взаимодействие $A \times B$ объясняло 10 % дисперсии. Отсутствие влияния фактора повторности (0 %) и низкая остаточная ошибка (7 %) подтверждают высокую пространственную однородность и точность постановки полевого опыта.

По данным дисперсионного анализа (приложение F4), высота растений овощной сои достоверно определялась сортами и сортообразцами (фактор А: $F_{\text{факт.}} = 89,31 > F_{\text{табл.}} = 3,05$) и взаимодействием $A \times B$ ($F_{\text{факт.}} = 5,22 > F_{\text{табл.}} = 2,55$). Основной эффект инокуляции (фактор В) оказался статистически незначимым ($F_{\text{факт.}} = 2,07 < F_{\text{табл.}} = 3,44$), что подтверждает сортозависимый характер ответа на биопрепарат и микробиологическое удобрение. Доля остаточной вариации (2,3 %) свидетельствует о высокой точности постановки полевого опыта и воспроизводимости установленных закономерностей.

Попарное сравнение вариантов ($HCP_{05} = 5,25$ см; рис. 17) выявило стабильность высоты растений стандарта Брянская 11 вне зависимости от схемы предпосевной обработки. Различия между фонами инокуляции (БиоБеСтА, Ж – 1,0 л/т; Оптимаиз 400, РК – 1,8 л/т) и контролем не выходили за пределы наименьшей существенной разницы, что свидетельствует об отсутствии достоверного влияния биопрепарата и микробиологического удобрения на высотный параметр у данного сорта. Все остальные изучаемые варианты достоверно уступали контролю по высоте растений: разница составила 7,41–26,59 см, или 8,3–29,7 %.



Примечание. HCP_{05} (частных различий) = 5,25 см, HCP_{05} (фактор А) = 3,03 см, HCP_{05} (AB) = 2,63 см. Средние значения высоты растения по фактору А: Брянская 11 (St) – 89,69 см, Hidaka – 74,57 см, А – 66,0 см и F – 77,03 см; по фактору В: $F_{\text{факт.}} = 2,07 < F_{05} = 3,44$.

Рисунок 17. Высота растения сортов и сортообразцов сои овощной в зависимости от предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, см (среднее за 2022–2024 гг.)

Поэтому лишь стандартный сорт Брянская 11 в сочетании с указанными инокулянтами обеспечил формирование высоты растений, эквивалентной контролю, тогда как прочие комбинации ($A \times B$) приводили к существенному снижению этого показателя.

Сравнение средних значений по фактору А (сорт, сортообразец) ($НCP_{05} = 3,03$ см) выявило статистически значимые различия между изученными генотипами сои по высоте растений. Все отклонения от стандарта наблюдались в сторону снижения показателя. Минимальное значение высоты зафиксировано у сортообразца А – 66,0 см, что было достоверно ниже стандарта Брянская 11 (89,69 см) на 23,69 см, или 26,4 %. Также существенно уступали стандарту: сортообразец F – на 12,66 см (14,1 %); сорт Hidaka – на 15,12 см (16,9 %). Во всех перечисленных случаях разница превышала значение $НCP_{05}$ (3,03 см), что подтверждает неслучайный характер наблюдаемых различий. Установленная генотипическая специфичность обуславливает формирование контрастных морфотипов: сортостандарт Брянская 11 характеризуется высокостебельностью, тогда как сортообразцы А, F и сорт Hidaka отличаются компактным габитусом. Компактные генотипы представляют агрономический интерес для оптимизации механизированной уборки и возделывания в условиях лимитированного теплообеспечения.

4.7 Техническая спелость

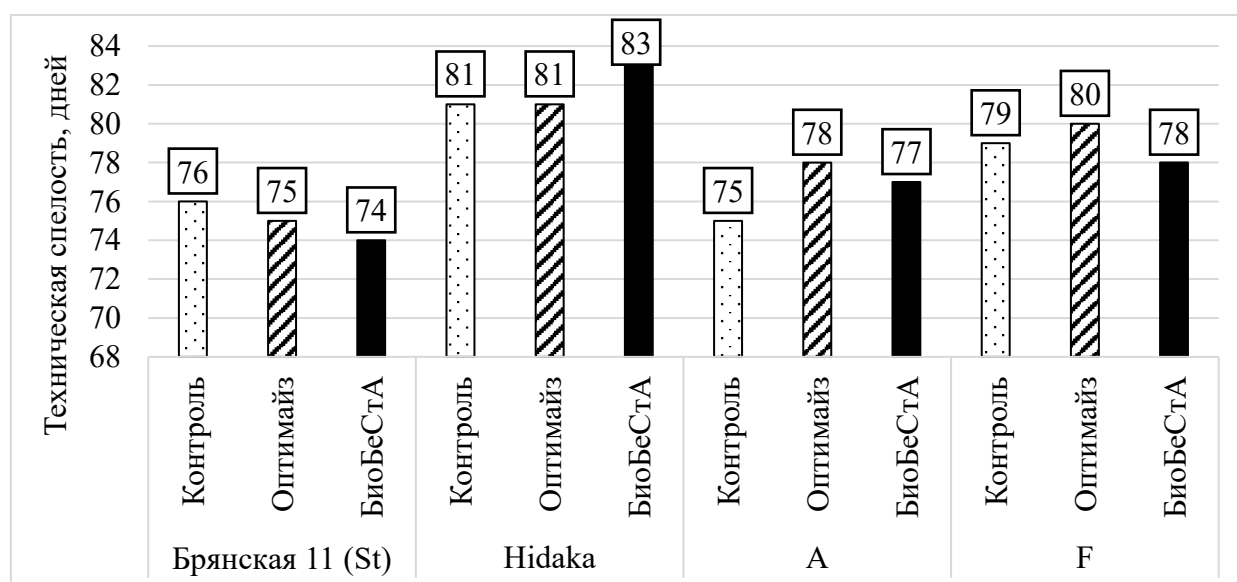
В фазу технической спелости семена сои сохраняют мягкую консистенцию и зелёную окраску. Синхронность созревания бобов детерминирована длительностью цветения: у генотипов с коротким периодом цветения плодообразование протекает равномерно, что обеспечивает возможность механизированной уборки урожая в зелёной спелости (Мавлянов Р. Ф. и др., 2013).

По данным дисперсионного анализа (приложение G4), вариабельность сроков наступления технической спелости овощной сои детерминирована преимущественно сортами и сортообразцами: вклад фактора А составил 60 %.

Влияние инокуляции как самостоятельного фактора оказалось статистически незначимым (0 %), а взаимодействие А×В объясняло лишь 3 % дисперсии. Доли вариации, обусловленные фактором повторности и остаточной ошибкой, составили 17 % и 20 % соответственно, что укладывается в допустимые пределы для полевых экспериментов с биологическими объектами.

По данным дисперсионного анализа (приложение G4), сроки наступления технической спелости овощной сои достоверно определялись сортами и сортообразцами (фактор А: $F_{\text{факт.}} = 4,15 > F_{\text{табл.}} = 3,05$). Основной эффект инокуляции (фактор В) и взаимодействие А×В оказались статистически незначимыми ($F_{\text{факт.}} = 0,07 < F_{\text{табл.}} = 3,44$ и $F_{\text{факт.}} = 0,26 < F_{\text{табл.}} = 2,55$ соответственно), что исключает наличие универсального или сортозависимого ответа на биопрепарат и микробиологическое удобрение. Относительная ошибка опыта составила 3,1 %, что подтверждает высокую точность постановки полевого эксперимента и воспроизводимость полученных данных.

Попарное сравнение вариантов ($НСР_{05} = 6,98$ сут; рис. 18) выявило достоверную межгенотипную дифференциацию по скороспелости.



Примечание. $НСР_{05}$ (частных различий) = 6,98 дней, $НСР_{05}$ (фактор А) = 4,03 дней. Средние значения наступления технической спелости семян по фактору А: Брянская 11 (St) – 75 дней, Hidaka – 82 дня, А – 77 дней и F – 79 дней; по фактору В: $F_{\text{факт.}} = 0,07 < F_{05} = 3,44$.

Рисунок 18. Срок наступления технической спелости растений сортов и сортообразцов сои овощной в зависимости от предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, дней (среднее за 2022–2024 гг.)

Максимальная продолжительность вегетации до технической спелости зафиксирована у сорта Hidaka при инокуляции БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) – 83 сут, что достоверно на 7 сут (9,2 %) превышает показатель сортостандарта Брянская 11 (контроль). Остальные сортообразцы формировали урожай в диапазоне 74–81 сут; различия между ними не превышали НСР₀₅, что позволяет выделить их в единую группу однородности.

По средним значениям фактора А (НСР₀₅ = 4,03 сут) выявлена достоверная межгенотипная дифференциация по скороспелости. Сорт Hidaka (82 сут) достоверно превышал сортостандарт Брянская 11 (75 сут) на 7 сут (9,3 %). Сортообразцы А и F (77 и 79 сут) статистически не различались со стандартом, формируя с ним единую группу однородности. Установленные контрасты согласуются с данными дисперсионного анализа, где доля генотипической вариации составила 60 %, что подтверждает высокую наследственную детерминацию сроков технической спелости.

4.8 Доля растений с клубеньками

Полученные данные согласуются с выводами Clua J. et al. (2018), где преднамеренная инокуляция штаммом *Bradyrhizobium japonicum* приводила к полному клубенькообразованию на сое, тогда как неинокулированные растения демонстрировали либо отсутствие нодулей, либо их единичное формирование. Установленная закономерность указывает на ключевую роль искусственного внесения азотфиксирующих бактерий в запуск симбиотического взаимодействия.

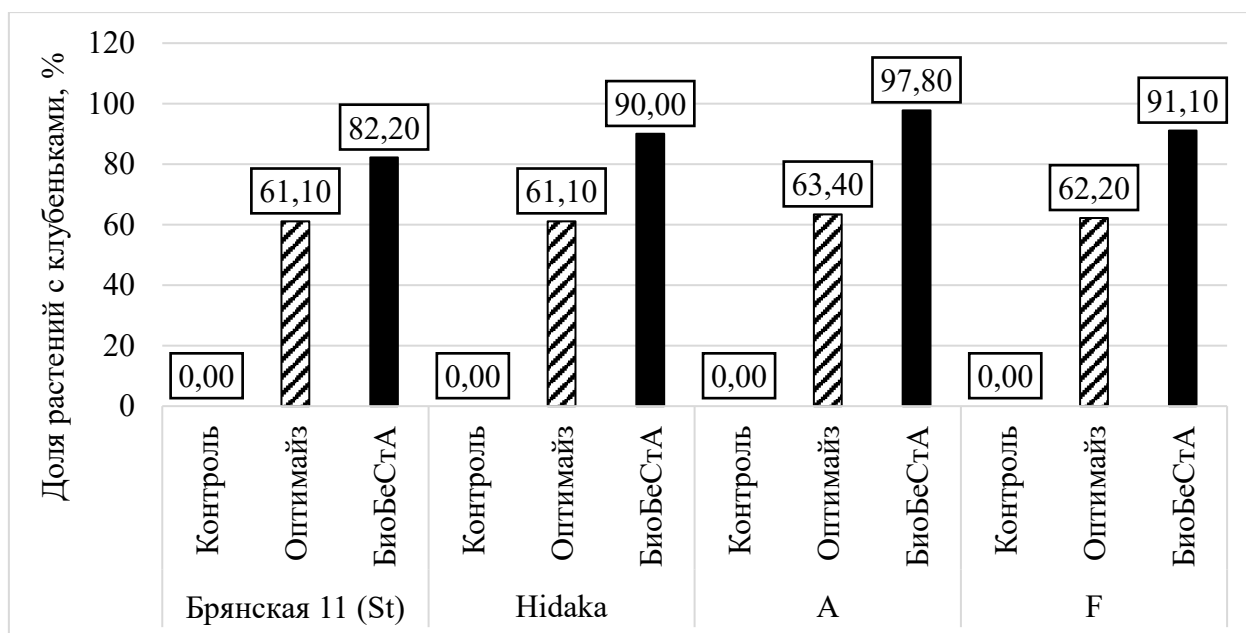
По данным Andrade F. H. et al. (2000), высокая потребность сои в азоте в значительной степени покрывается за счёт симбиотической фиксации, обеспечиваемой *B. japonicum*. Практическая реализация этого механизма через инокуляцию позволяет оптимизировать азотное питание культуры и сократить нормы минеральных азотных удобрений.

Согласно результатам дисперсионного анализа (приложение Н4), вариабельность доли нодулированных растений на 98 % обусловлена действием фактора В – применением биопрепарата и микробиологического удобрения. Вклад сортов и сортообразцов (фактор А), межфакторного взаимодействия А×В и эффекта повторений статистически не выявлен (0 %), тогда как доля случайной вариабельности не превысила 2 %, что подтверждает адекватность модели и высокую воспроизводимость опыта.

По данным дисперсионного анализа (приложение Н4), инокуляция семян (фактор В) оказала статистически высокодостоверное влияние на нодуляцию сои: расчётное значение F-критерия (1093,18) существенно превысило критический порог (3,44). В то же время эффекты генотипа (А) и взаимодействия А×В не достигли уровня значимости ($F_{\text{факт.}} = 2,3$ и $1,53$ против $F_{\text{табл.}} = 3,05$ и $2,55$), что исключает наличие сортовой специфики в реакции на биопрепарат и микробиологическое удобрение. Относительная ошибка опыта на уровне 5,5 % укладывается в нормативы для полевых вегетационных исследований, подтверждая надёжность полученных закономерностей.

Данные рис. 19 демонстрируют выраженную отзывчивость симбиотического аппарата сои овощной на инокуляцию. Наивысший уровень нодуляции (97,8 %) отмечен у сортообразца А при применении микробиологического удобрения БиоБеСтА. Данный препарат (Ж, 1,0 л/т) достоверно превзошёл биопрепарат Оптимаиз 400 (РК, 1,8 л/т): разность значений составила 21,1–27,7 % при $\text{НСР}_{05} = 8,18$ %. Полученные результаты обосновывают целесообразность использования БиоБеСтА в качестве наиболее эффективного инокулянта для данных условий возделывания. Полное отсутствие клубеньков в контроле (0 %) свидетельствует о дефиците эффективных штаммов *Bradyrhizobium japonicum* в почве и подтверждает, что естественная нодуляция в данном агроценозе не обеспечивает потребности культуры в биологическом азоте. Поэтому, предпосевная обработка семян является не просто рекомендуемым, а обязательным агротехническим приёмом. Отсутствие достоверных различий между генотипами в пределах одного биопрепарата или микробиологического

удобрения согласуется с результатами дисперсионного анализа, где фактор А и взаимодействие А × В оказались незначимыми.



Примечание. НСР₀₅ (частных различий) = 8,18 %, НСР₀₅ (фактор В) = 4,09 %. Средние значения доли растений с клубеньками по фактору В: Контроль – 0 %, Оптимайз – 61,9 % и БиоБеСтА – 90,3 %; по фактору А: $F_{\text{факт.}} = 2,3 < F_{05} = 3,05$.

Рисунок 19. Доля растений сои овощной с клубеньками в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, % (среднее за 2022–2024 гг.)

Анализ данных подтвердил достоверное влияние фактора В (инокуляция биопрепаратом и микробиологическим удобрением) на долю растений сои с клубеньками (НСР₀₅ по фактору В = 4,09 %). Наиболее высокую эффективность обеспечило микробиологическое удобрение БиоБеСтА (Ж, 1,0 л/т), обеспечившее нодуляцию 90,3 % растений. Биопрепарат Оптимайз 400 (РК, 1,8 л/т) показал статистически значимый более низкий результат – 61,9 %. Превышение разности вариантов (28,4 %) над порогом наименьшей существенной разницы (4,09 %) более чем в 6 раз статистически обосновывает преимущество микробиологического удобрения БиоБеСтА в данных условиях опыта.

4.9 Количество клубеньков на растении

В работе Veronesi M. (2014) показано, что совместное применение *Bradyrhizobium japonicum* и *Pseudomonas fluorescens* статистически значимо

повышает продуктивность сои: прирост числа активных клубеньков составляет 39,8 %, надземной биомассы – 22,1 %, урожайности зерна – 15,8 % относительно контроля. Полученный эффект объясняется функциональной комплементарностью штаммов, усиливающей симбиотическую азотфиксацию и мобилизацию фосфора в ризосфере.

Обработка инокулянтом *Bradyrhizobium japonicum* статистически значимо усилила клубенькообразование: количество нодулей на растении возросло с $20,20 \pm 2,1$ шт. в контроле до $26,40 \pm 2,8$ в опытном варианте, что эквивалентно приросту на 30,7 % ($p = 0,018$). Полученные результаты коррелируют с данными Сытникова Д. М. и др. (2010), который также отметил стимуляцию клубенькообразования под действием ризобияльной инокуляции в сопоставимых агроклиматических условиях.

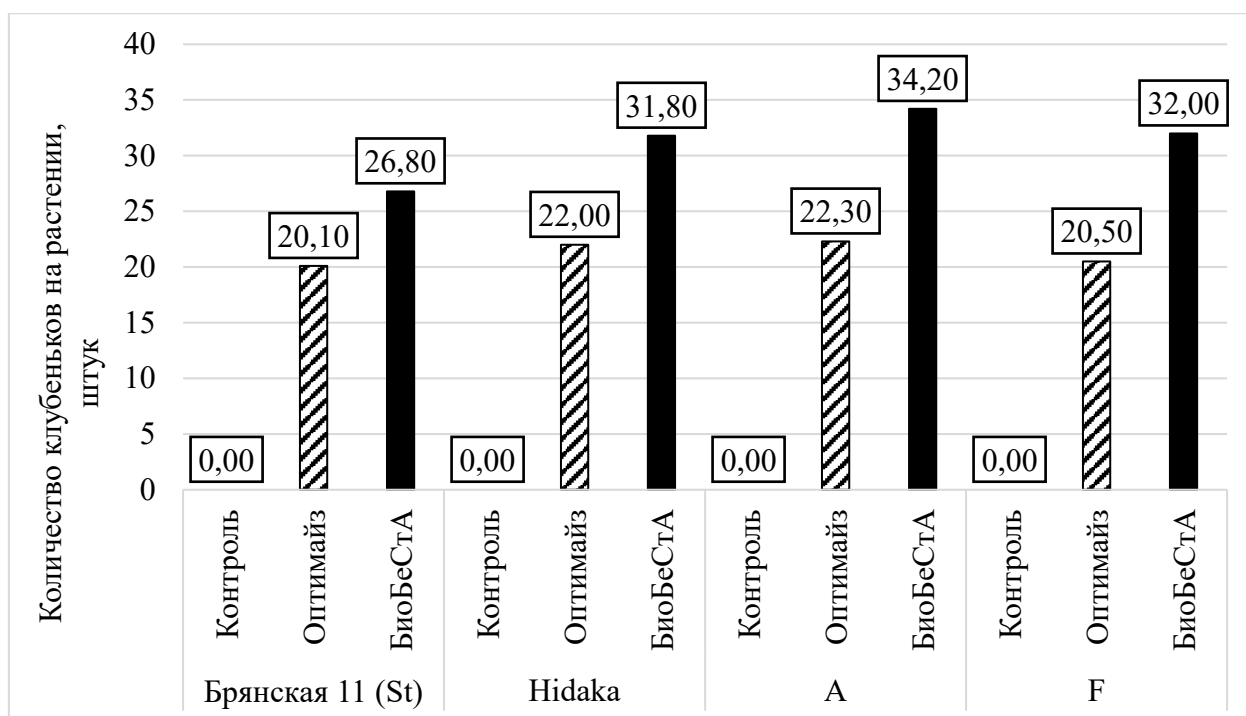
Согласно данным Ventimiglia L. et al. (2012), применение микробиологических препаратов при возделывании сои оказывает комплексное положительное влияние на продуктивность растений. Ключевым механизмом данного эффекта является стимуляция морфогенеза корневой системы, что создаёт благоприятные условия для симбиоза. Увеличение площади поверхности корней и количества зон активной вегетации облегчает поиск и инфицирование специфическими азотфиксирующими бактериями (*Bradyrhizobium japonicum* и *Sinorhizobium fredii*), что в конечном итоге способствует интенсификации клубенькообразования.

Результаты дисперсионного анализа, усреднённые за период 2022–2024 гг. (приложение I4), свидетельствуют о доминирующем влиянии фактора В, предпосевной обработки семян перед посевом, на вариабельность количества клубеньков на растении сои – 97 %. Вклад генотипического фактора (1 %) и взаимодействия «генотип × биопрепарат, микробиологическое удобрение» (1 %) статистически незначим, что позволяет сделать вывод об универсальности положительного эффекта инокуляции для изучаемой группы сортов сои. Отсутствие влияния повторений (0 %) подтверждает высокую однородность условий проведения полевого опыта и надёжность полученных данных.

Минимальная доля остаточной дисперсии (1 %) подтверждает высокую согласованность повторностей и статистическую адекватность применённой модели.

Дисперсионный анализ (приложение I4) подтвердил статистически высокозначимое влияние генотипа (фактор А) и биологической обработки (фактор В) на развитие клубеньковой системы. Экстремально высокое значение критерия Фишера для фактора инокуляции ($F_{\text{факт.}} = 1600,49$) указывает на её определяющую роль в реализации симбиотического потенциала. Достоверные эффекты генотипа ($F_{\text{факт.}} = 8,66$) и взаимодействия $A \times B$ ($F_{\text{факт.}} = 4,39$) свидетельствуют о сортовой специфике реакции, что обосновывает необходимость дифференцированного подбора инокулянтов с учётом генетических особенностей сортов и сортообразцов. Вполне удовлетворительная точность опыта (4,6 %) подтверждает высокую воспроизводимость результатов и адекватность применённой экспериментальной модели, что позволяет экстраполировать полученные выводы на аналогичные почвенно–климатические условия.

Оценку достоверности частных различий по количеству клубеньков на растении сои проводили с использованием наименьшей существенной разницы ($НСР_{05} = 2,33$ шт.; рис. 20). Максимальное значение показателя (34,2 шт.) получено при обработке семян сортообразца А микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж в норме 1,0 л/т – 34,2 шт. Также высокий показатель обеспечивался при обработке этим же удобрением семян сорта Hidaka и сортообразца F – 31,8 и 32 шт. соответственно. При инокуляции данного сорта и сортообразцов биопрепаратом Оптимайз 400, РК в норме 1,8 л/т количество клубеньков на растении сои было значительно ниже и составляло 20,5–22,3 шт. У стандарта Брянская 11, семена которой были инокулированы биопрепаратом Оптимайз, 400, РК (1,8 л/т) и микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) количество клубеньков на растении составляло 20,1 и 26,8 штук соответственно. В контроле, без предпосевной обработки семян, у всех сортов и сортообразцов клубеньки на растениях сои отсутствовали.



Примечание. НСР₀₅ (частных различий) = 2,33 шт., НСР₀₅ (фактор А) = 1,35 шт., НСР₀₅ (фактор В, АВ) = 1,17 шт. Средние значения количества клубеньков на растении по фактору А: Брянская 11 (St) – 15,6 шт., Hidaka – 17,9 шт., А – 18,8 шт. и F – 17,5 шт.; по фактору В: Контроль – 0 шт., Оптимайз – 21,2 шт. и БиоБеСтА – 31,2 шт.

Рисунок 20. Количество клубеньков на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, штук (среднее за 2022–2024 гг.)

Сравнение средних значений по фактору А (генотип) с использованием НСР₀₅ = 1,35 шт. выявило статистически достоверные различия между изученными сортами и сортообразцами. Максимальное количество клубеньков на одном растении (18,8 штук) сформировал сортообразец А, что достоверно превышало стандарт Брянская 11 (15,6 шт.) на 3,2 шт. (20,5 %). Сортообразец F и сорт Hidaka также показали значимые превышения над стандартом: прибавка составила 1,9 и 2,3 шт. (12,2 и 14,7 %).

Анализ влияния фактора В (биопрепарат, микробиологическое удобрение) выявил статистически значимое положительное воздействие на количество клубеньков на растении сои (НСР₀₅ = 1,17 шт.). Применение микробиологического удобрения БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) обеспечило максимальное количество клубеньков (31,2 штук на растении), что достоверно превышало показатель варианта с Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) на 10,0 шт. Разница между инокулянтами (10,0 шт.) почти в 9 раз превышает значение

НСР₀₅ (1,17 шт.), что подтверждает высокую надёжность и биологическую значимость выявленного преимущества. Обработка семян биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) также обеспечила достоверное увеличение образования клубеньков (21,2 штук на растение) относительно контроля, однако уступала микробиологическому удобрению БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) по абсолютному и относительному показателям эффективности. Полное отсутствие клубеньков на растениях контроля свидетельствует о низкой естественной обеспеченности почвы эффективными штаммами *Bradyrhizobium japonicum* и подтверждает критическую зависимость формирования симбиотического аппарата от искусственной инокуляции.

4.10 Длина главного корня

Морфометрическая пластичность корневой системы сои определяется генотипом и условиями возделывания. Выходящие генотипы, как правило, формируют более глубокие корни (аллометрический коэффициент равен 2,2), что обеспечивает доступ к влаге нижних горизонтов и повышает засухоустойчивость (Xiong R. et al., 2020). Влияние инокуляции на линейный рост корней остается дискуссионным: несмотря на доказанную стимуляцию клубенькообразования, данные о воздействии ризобий на удлинение главного корня противоречивы и зависят от штаммового состава препарата (Абаев А. А. и др., 2007).

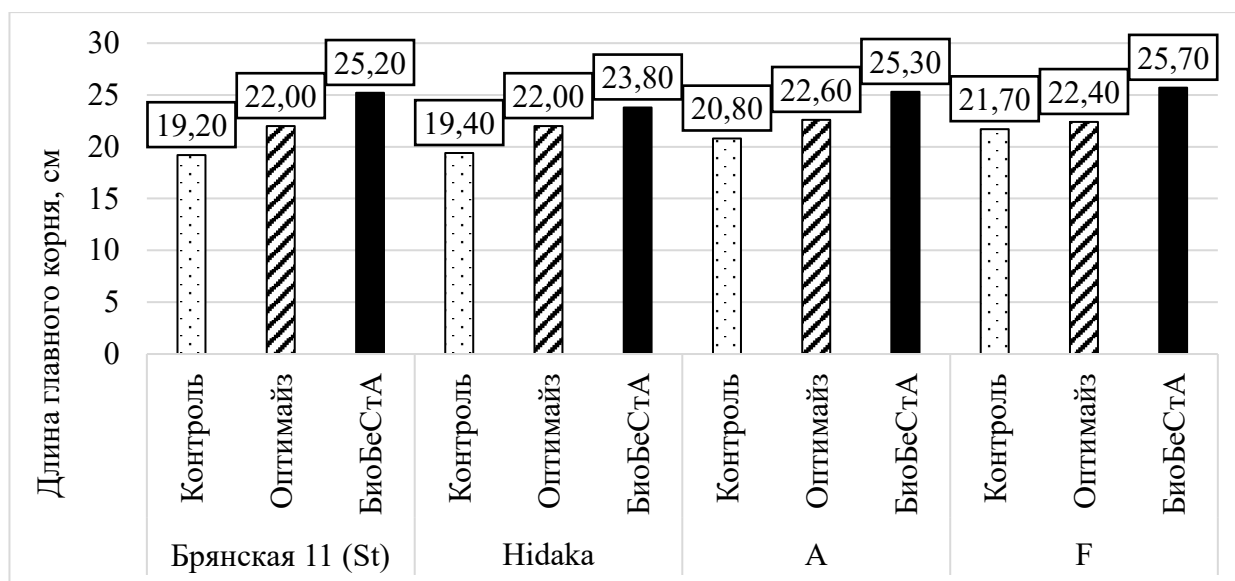
Анализ дисперсии в среднем за 2022–2024 гг. выявил доминирующую роль фактора инокуляции (63 %) в регуляции длины главного корня сои овощной (приложение J4). Столь высокая доля объяснённой вариации свидетельствует о том, что именно микробиологическая обработка семян выступает ключевым управляемым параметром, детерминирующим морфогенез корневой системы. Низкое влияние генотипического фактора (6 %) и взаимодействия А×В (3 %) показывает, что положительное влияние инокулянтов на рост корней проявляется сходным образом у всех изученных генотипов, что упрощает разработку агротехнологических рекомендаций – нет

необходимости в сорт-специфичном подборе инокулянтов для данного показателя, а также отсутствие выраженной специфичности реакции (генотип $\times$ инокулянт) указывает на то, что эффекты сорта и инокуляции суммируются, а не усиливают или подавляют друг друга. Доля остаточной дисперсии (25 %) укладывается в допустимые нормативы для полевых опытов и обусловлена влиянием неучтённых факторов, включая микровариацию почвенных условий и погодные изменения в период вегетации. Низкая величина систематической вариабельности участка (3 %) подтверждает эффективность схемы блокировки и высокую точность закладки эксперимента.

По данным дисперсионного анализа (приложение J4), вариабельность длины главного корня сои статистически значимо обусловлена фактором инокуляции ($F_{\text{факт.}} = 28,35$ при $F_{\text{табл.}} = 3,44$). Эффекты генотипа ($F_{\text{факт.}} = 1,85$) и взаимодействия $A \times B$ ($F_{\text{факт.}} = 0,44$) не достигли порога значимости, что свидетельствует об аддитивном характере действия препаратов и отсутствии сортовой специфики по данному признаку. Относительная ошибка опыта на уровне 3,9 % подтверждает высокую воспроизводимость результатов и адекватность применённой модели.

Оценку достоверности частных различий между вариантами опыта проводили с использованием наименьшей существенной разности ($НСР_{05} = 2,6$ см) (рис. 21). Максимальную длину главного корня (25,2; 25,3 и 25,7 см) сформировали сорт-стандарт Брянская 11, сортообразцы А и F при предпосевной обработке семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что существенно превышало контроль (19,2 см), где возделывалась Брянская 11 (St) без инокуляции семян перед посевом на 6,0; 6,1 и 6,5 см или 31,2; 31,8 и 33,8 % соответственно. Сорт Hidaka, семена которого также инокулировали данным микробиологическим удобрением, достоверно превышал контроль на 4,6 см или 24,0 %. Существенно превышали контроль и сортообразцы сои А и F, семена которых были обработаны перед посевом биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) на 3,4 и 3,2 см или 17,7 и 16,7 %.

Различия по остальным вариантам не превышали значения $НCP_{05}$ и были статистически незначимы.



Примечание. $НCP_{05}$ (частных различий) = 2,6 см, $НCP_{05}$ (фактор В) = 1,3 см. Средние значения длины главного корня по фактору А: $F_{факт.} = 1,85 < F_{05} = 3,05$; по фактору В: Контроль – 20,3 см, Оптимайз – 22,2 см и БиоБеСтА – 25 см.

Рисунок 21. Длина главного корня сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, см (среднее за 2022–2024 гг.)

Анализ данных по фактору В (биопрепарат, микробиологическое удобрение) подтвердил достоверное влияние инокуляции на длину главного корня овощной сои ($НCP_{05} = 1,3$ см). Наиболее эффективным оказался вариант предпосевной обработки семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), при котором данный показатель соответствовал 25 см, что существенно превышало контроль (без инокуляции) на 4,7 см, или 23,1 %. Применение биопрепарата Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) также обеспечило достоверное повышение длины главного корня на 1,9 см или 9,4 %.

4.11 Площадь листовой поверхности

Эффективная биологическая фиксация азота способствует существенному увеличению листовой поверхности. Достаточное азотное питание стимулирует синтез хлорофилла и других фотосинтетических

пигментов, поскольку азот является ключевым элементом в образовании аминокислот и белков (Soumare A. et al., 2020). Это позволяет растению оптимизировать фиксацию солнечной радиации и, как следствие, интенсифицировать процесс фотосинтеза.

В исследовании Basal O. (2020) было показано, что растения сои с хорошо развитыми клубеньками *Rhizobium* характеризовались большей площадью листьев и общей биомассой по сравнению с аналогами, выращиваемыми на минеральных удобрениях. Эти данные подчеркивают ключевую роль симбиоза в вегетативном развитии сои, демонстрируя, что биологическая фиксация азота напрямую стимулирует формирование и развитие листового аппарата.

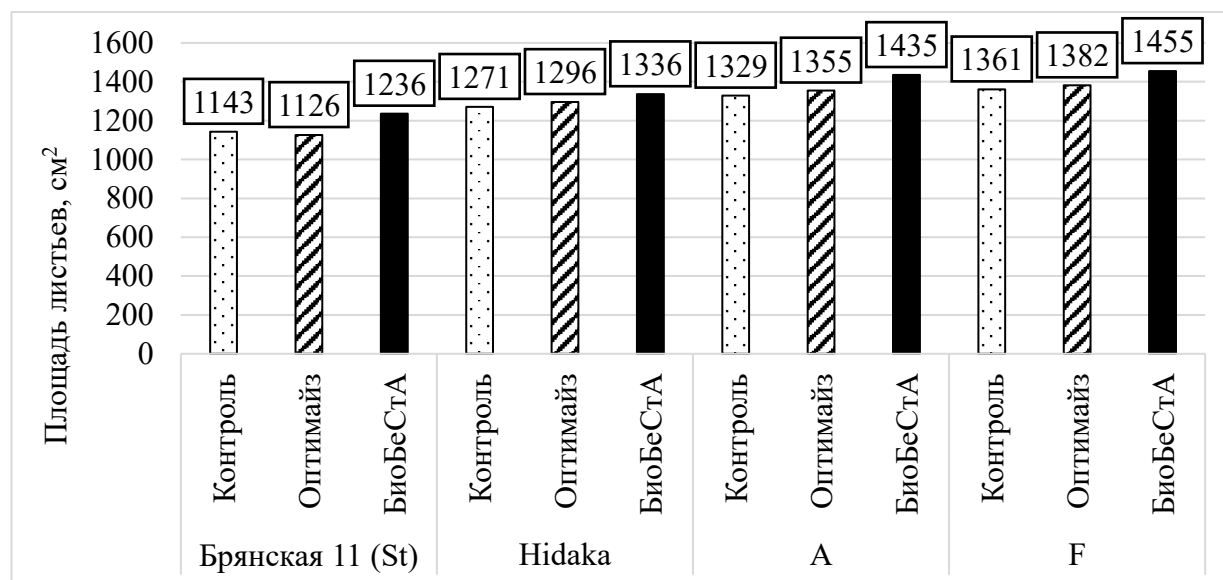
Взаимодействие азотфиксирующих бактерий с соей значительно влияет на формирование листовой поверхности и, как следствие, на продуктивность культуры. Данный симбиоз не только оптимизирует азотное питание растений, но и повышает устойчивость агроэкосистем. Внедрение бактериальных инокулянтов представляет перспективную стратегию оптимизации возделывания сои, способствующую рациональному использованию ресурсов и переходу к экологически безопасным технологиям земледелия (Сафина Д. Р. и др., 2025).

Результаты дисперсионного анализа (приложение К4), выполненного на основе данных за 2022–2024 гг., свидетельствуют о доминирующем влиянии генотипического фактора на вариабельность площади листовой поверхности у сои: его вклад в общую дисперсию составил 74 %. Применение биопрепарата и микробиологического удобрения объясняет 14 % вариации признака. Взаимодействие факторов «генотип × инокулянт» оказалось незначительным (1 %). Доля вариации, обусловленная повторностями опыта, также составила 1 %, тогда как на долю остаточной (случайной) дисперсии пришлось 10 %.

По результатам дисперсионного анализа данных за 2022–2024 гг., влияние фактора А (сорта и сортотипа) на площадь листовой поверхности сои оказалось статистически достоверным: $F_{\text{факт.}} = 56,76 > F_{\text{табл.}} = 3,05$.

Статистически значимым также было влияние фактора В (биопрепарат, микробиологическое удобрение): $F_{\text{факт.}} = 16,45 > F_{\text{табл.}} = 3,44$. Поэтому оба изучаемых фактора оказали существенное воздействие на данный показатель. Взаимодействие факторов А×В оказалось статистически недостоверным ($F_{\text{факт.}} = 0,45 < F_{\text{табл.}} = 2,55$). Это свидетельствует об отсутствии генотип–специфичной реакции на применение инокулянтов: их действие проявлялось сходным образом независимо от сортовой принадлежности, то есть эффекты факторов носили аддитивный характер. Точность опыта была отличной – 1,8 %.

Анализ частных различий вариантов опыта по площади листовой поверхности растения сои (НСР₀₅ = 69,56 см², рис. 22) выявил следующие закономерности.



Примечание. НСР₀₅ (частных различий) = 69,56 см², НСР₀₅ (фактор А) = 40,16 см², НСР₀₅ (фактор В) = 34,78 см². Средние значения площади листовой поверхности на растении по фактору А: Брянская 11 (St) – 1168 см², Hidaka – 1301 см², А – 1373 см² и F – 1399 см²; по фактору В: Контроль – 1276 см², Оптимайз – 1290 см² и БиоБеСтА – 1365 см².

Рисунок 22. Площадь листовой поверхности на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, см²
(среднее за 2022–2024 гг.)

Максимальное значение показателя (1455 см²) было получено при обработке семян сортообразца F микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т). Это значение достоверно превышало контроль (Брянская 11, без обработки – 1143 см²) на 312 см² (27,3 %). Высокие показатели также

обеспечила обработка микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж сортообразца А: площадь листьев составила 1435 см², что выше контроля на 292 см² (25,5 %). Обработка биопрепаратом Оптимаиз, 400, РК (1,8 л/т) семян сорта Hidaka и сортообразцов А и F также привела к достоверному увеличению площади листьев: прибавка составила 153 см² (13,4 %), 212 см² (18,5 %) и 239 см² (20,9 %) соответственно. Во всех остальных вариантах различия с контролем были статистически достоверными, за исключением сочетания сорта–стандарта Брянская 11 с биопрепаратом Оптимаиз, 400, РК. В данном случае различия не превышали НСР₀₅, что свидетельствует об отсутствии эффекта обработки по сравнению с контролем.

По генотипическому фактору (А) установлены статистически значимые различия площади листовой поверхности (НСР₀₅ = 40,16 см²). Наибольшее развитие ассимиляционного аппарата отмечено у сортообразца F (1399 см²), что достоверно превышает стандарт Брянская 11 (1168 см²) на 231 см² (19,8 %). Аналогично значимое преимущество над эталоном продемонстрировали сортообразец А (205 см², 17,7 %) и сорт Hidaka (133 см², 11,4 %), подтверждая их высокий листовой потенциал в данных условиях.

По фактору В (биологические инокулянты) статистически значимый прирост площади листовой поверхности (НСР₀₅ = 34,78 см²) зафиксирован при применении микробиологического удобрения БиоБеСтА (Ж, 1,0 л/т); остальные варианты не преодолели порог существенности. Обработка семян данным инокулянтом обеспечила формирование площади листьев 1365 см², что достоверно превышало контроль (без обработки, 1276 см²) на 89 см² (7,0 %). Применение Оптимаиз, 400, РК (1,8 л/т) не обеспечило достоверного прироста площади листьев: различия с контролем не превышали значения НСР₀₅.

4.12 Структура урожая

Предпосевная обработка семян сои биопрепаратом и микробиологическим удобрением стимулировала образование клубеньков на

корнях, повышала эффективность симбиотической фиксации азота и формировала более выровненную структуру урожая, что в совокупности увеличивало продуктивность культуры.

В среднем за 2022–2024 гг. дисперсионный анализ выявил следующую долю влияния факторов на массу одного растения сои (приложение L4): инокулянты (фактор В) – 47 % (наиболее значимый фактор); генотипы (сорта и сортообразцы, фактор А) – 30 %; ошибка – 19 %; взаимодействие факторов $A \times B$ – 4 % (статистически незначимое); повторения – 0 % (вариация между повторениями отсутствовала). Поэтому применение биопрепарата и микробиологического удобрения оказало преобладающее влияние на массу растения, в то время как генотипическая изменчивость сыграла второстепенную роль. Незначительная доля взаимодействия факторов (4 %) свидетельствует об отсутствии выраженного синергетического эффекта между генотипом и инокулянтом.

По результатам дисперсионного анализа влияние фактора А (сорта и сортообразцы) на массу одного растения сои оказалось статистически значимым: $F_{\text{факт.}} = 7,87 > F_{\text{табл.}} = 3,05$. Значимым также было влияние фактора В (инокулянты): $F_{\text{факт.}} = 19,22 > F_{\text{табл.}} = 3,44$. Следовательно, как генотип, так и применение биопрепарата и микробиологического удобрения оказали существенное влияние на формирование массы растения. Взаимодействие факторов $A \times B$ статистически незначимо $F_{\text{факт.}} = 0,67 < F_{\text{табл.}} = 2,55$, что свидетельствует об отсутствии синергетического эффекта: действие инокулянтов не зависело от генотипа. Точность опыта была хорошей – 2,8 %.

Анализ частных различий по массе растения ($НСР_{05} = 2,8$ г; табл. 8) показал, что максимум показателя (29,04 г) достигнут при инокуляции сортообразца А микробиологическим удобрением БиоБеСтА (Ж, 1,0 л/т), что достоверно превышает контроль (Брянская 11 без обработки – 21,24 г) на 36,7 %. Статистически значимый прирост также обеспечили комбинации БиоБеСтА с сортообразцом F и сортом Hidaka (30,3–30,4 %). Остальные варианты, за исключением неинокулированного F и стандарта с Оптимайз 400,

также превзошли контроль. Таким образом, БиоБеСтА (1,0 л/т) продемонстрировал наибольшую эффективность, особенно в сочетании с сортообразцом А, тогда как Оптимаиз 400 (1,8 л/т) на фоне Брянской 11 не обеспечил достоверной прибавки массы.

Таблица 8. Структура урожая сортов и сортообразцов сои овощной в зависимости от предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Масса растения, г	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г	Число семян с растения, шт.	Число семян в бобе, шт.
Брянская 11 (St)	Контроль, б/о	21,24	10,62	113,8	101,03	2,77
	О Оптимаиз 400	22,39	12,03	115,9	104,77	3,01
	БиоБеСтА	26,31	12,49	126,5	105,79	2,86
Нidака	Контроль, б/о	24,73	12,13	134,8	88,67	2,53
	О Оптимаиз 400	26,68	13,04	146,7	92,52	2,49
	БиоБеСтА	27,7	13,83	153,8	98,31	2,85
А	Контроль, б/о	24,28	12,41	154,1	90,19	2,47
	О Оптимаиз 400	26,72	12,67	161,3	92,83	2,46
	БиоБеСтА	29,04	13,93	169,3	98,42	2,75
F	Контроль, б/о	23,68	11,76	143,7	90,85	2,45
	О Оптимаиз 400	26,88	12,2	151,8	94,52	2,51
	БиоБеСтА	27,67	14,35	161,7	95,36	2,63
НСР ₀₅ (частных различий)		2,8	0,85	7,27	5,24	0,18
НСР ₀₅ (фактор А)		1,62	0,49	4,2	3,03	0,1
НСР ₀₅ (фактор В)		1,4	0,42	3,63	2,62	0,09

Примечание. Средние значения массы растения по фактору А: Брянская 11 (St) – 23,31 г, Нidака – 26,37 г, А – 26,68 г и F – 26,08 г; по фактору В: контроль – 23,48 г, Оптимаиз 400 – 25,67 г и БиоБеСтА – 27,68 г. Средние значения массы семян с растения по фактору А: Брянская 11 (St) – 11,71 г, Нidака – 13,0 г, А – 13,0 г и F – 12,77 г; по фактору В: контроль – 11,73 г, Оптимаиз 400 – 12,48 г и БиоБеСтА – 13,65 г. Средние значения массы 1000 семян по фактору А: Брянская 11 (St) – 118,7 г, Нidака – 145,1 г, А – 161,6 г и F – 152,4 г; по фактору В: контроль – 136,6 г, Оптимаиз 400 – 143,9 г и БиоБеСтА – 152,8 г. Средние значения числа семян с растения по фактору А: Брянская 11 (St) – 103,86 шт., Нidака – 93,17 шт., А – 93,81 шт. и F – 93,58 шт.; по фактору В: контроль – 92,68 шт., Оптимаиз 400 – 96,16 шт. и БиоБеСтА – 99,47 шт. Средние значения числа семян в бобе по фактору А: Брянская 11 (St) – 2,88 шт., Нidака – 2,62 шт., А – 2,56 шт. и F – 2,53 шт.; по фактору В: контроль – 2,58 шт., Оптимаиз 400 – 2,62 шт. и БиоБеСтА – 2,77 шт.

По генотипическому фактору (А) установлена статистически значимая дифференциация образцов по массе растения (НСР₀₅ = 1,62 г). Максимум показателя (26,68 г) зафиксирован у сортообразца А, что достоверно

превосходит стандарт Брянская 11 (23,31 г) на 3,37 г (14,5 %). Значимое превосходство над эталоном также обеспечили сортообразец F (26,08 г; 2,77 г, 11,9 %) и сорт Hidaka (26,37 г; 3,06 г, 13,1 %), что подтверждает их повышенный продукционный потенциал в данных условиях.

По фактору В (инокулянт) установлена статистически значимая дифференциация вариантов по массе растения ($НСП_{05} = 1,4$ г). Максимум показателя (27,68 г) достигнут при предпосевной обработке семян удобрением БиоБеСтА (Ж, 1,0 л/т), что достоверно превосходит контроль (23,48 г) на 4,2 г (17,9 %). Статистически значимый, хотя и менее выраженный эффект обеспечил Оптимаиз 400 (РК, 1,8 л/т): масса составила 25,67 г (2,19 г, 9,3 % к контролю). Оба препарата стимулировали формирование биомассы, однако прирост от БиоБеСтА превысил результат Оптимаиз 400 в 1,2 раза.

Дисперсионный анализ данных 2022–2024 гг. (приложение М4) показал, что формирование массы семян с растения в наибольшей степени определяется инокуляцией: доля фактора В в общей вариабельности достигла 49 %. Генотипическая изменчивость (фактор А) обусловила 22 % дисперсии, подтверждая существенную роль наследственных особенностей в реализации продуктивности. Взаимодействие А×В (8 %) отражает дифференцированную реакцию генотипов на биологическую обработку. Вариация по повторностям и случайная ошибка составили 9 % и 12 % соответственно, что укладывается в допустимые нормативы для многолетних полевых опытов.

По результатам дисперсионного анализа за 2022–2024 гг. влияние фактора А (сорта и сортообразцы) на массу семян с растения сои оказалось статистически значимым: $F_{\text{факт.}} = 13,56 > F_{\text{табл.}} = 3,05$. Статистически значимым также было влияние фактора В (биопрепарат, микробиологическое удобрение): $F_{\text{факт.}} = 44,79 > F_{\text{табл.}} = 3,44$. Поэтому оба фактора оказали существенное влияние на продуктивность растений. Эффект взаимодействия факторов А×В статистически не значим: $F_{\text{факт.}} = 2,01 < F_{\text{табл.}} = 2,55$. Это свидетельствует об отсутствии генотип–специфичной реакции на обработку инокулянтами: их действие проявлялось одинаково независимо от

конкретного сорта или сортообразца, то есть эффекты факторов были аддитивными. Точность опыта была отличной и составляла 0,8 %.

При оценке частных различий между вариантами опыта по массе семян с растения сои ($НСР_{05} = 0,85$ г; табл. 8) выявлены следующие закономерности. Максимальное значение массы семян (14,35 г) получено при инокуляции сортообразца F микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т). Данный показатель достоверно превышал контроль (сорт Брянская 11 без обработки – 10,62 г) на 3,73 г, или на 35,1 %. Высокую продуктивность также обеспечила обработка микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж сорта Hidaka и сортообразца А: масса семян составила соответственно 13,83 и 13,93 г, что превышало контроль на 3,21 г (30,2 %) и 3,31 г (31,2 %). Обработка биопрепаратом Оптимаиз, 400, РК (1,8 л/т) семян сортообразца А и сорта Hidaka также привела к достоверному увеличению массы семян по сравнению с контролем: прибавка составила 2,05 г (19,3 %) и 2,42 г (22,8 %) соответственно. По всем остальным вариантам различия с контролем не превышали значения $НСР_{05}$ и были статистически недостоверными.

Сравнение средних значений по фактору А (генотип) ($НСР_{05} = 0,49$ г) выявило статистически достоверные различия в массе семян с растения между изученными сортами и сортообразцами овощной сои. Максимальную массу семян (13,0 г) сформировали сорт Hidaka и сортообразец А. Данный показатель достоверно превышал значение стандарта Брянская 11 (11,71 г) на 1,29 г, или на 11,0 %. Сортообразец F также обеспечил достоверное превышение над стандартом: прибавка составила 1,06 г (9,0 %).

Анализ влияния фактора В (биопрепарат и микробиологическое удобрение) на массу семян с растения сои выявил статистически достоверное положительное действие обработки семян по сравнению с контролем (без обработки). Обработка биопрепаратом Оптимаиз, 400, РК (1,8 л/т) обеспечила достоверную прибавку массы семян ($НСР_{05} = 0,42$ г) на 0,75 г (6,4 %) относительно контроля (11,71 г). Более выраженный эффект получен при обработке микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т): прибавка составила 1,92 г (16,4 %). Поэтому

оба инокулянта оказали положительное влияние на продуктивность растений, при этом БиоБеСтА, Ж обеспечил преимущество по интенсивности действия.

По результатам дисперсионного анализа за 2022–2024 гг. установлено (приложение N4), что на вариацию массы 1000 семян овощной сои наибольшее влияние оказывал генотип (сорта и сортообразцы) – 73 % дисперсии. Доля влияния биопрепарата и микробиологического удобрения составила 13 %, повторений – 11 %, взаимодействия факторов «генотип × инокулянт» – 1 %, а на долю случайной ошибки пришлось 3 %.

По результатам дисперсионного анализа влияние фактора А (сорта и сортообразцы) на массу 1000 семян сои овощной оказалось статистически значимым: $F_{\text{факт.}} = 165,02 > F_{\text{табл.}} = 3,05$. Значимым также было влияние фактора В (применение биопрепарата и микробиологического удобрения): $F_{\text{факт.}} = 42,83 > F_{\text{табл.}} = 3,44$. Эффект взаимодействия факторов А × В статистически незначим: $F_{\text{факт.}} = 0,72 < F_{\text{табл.}} = 2,55$. Поэтому оба основных фактора оказали самостоятельное существенное влияние на формирование массы 1000 семян, тогда как их совместное действие не проявилось. Точность опыта была отличная, равная 1,7 %.

При оценке достоверности частных различий между вариантами по массе 1000 семян сои в среднем за 2022–2024 гг. ($НСР_{05} = 7,27$ г; табл. 8) выявлены следующие закономерности. Максимальное значение (169,3 г) было получено при инокуляции семян сортообразца А микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т). Данный результат достоверно превышал контроль (Брянская 11 без обработки) на 55,5 г (48,8 %). К достоверно высоким также отнесены варианты: инокуляция сортообразца А биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) – 161,3 г (47,5 г, 41,7 %) и сортообразца F микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) – 161,7 г (47,9 г, 42,1 %) относительно контроля. Наименьшее значение M_{1000} среди вариантов, достоверно превышающих контроль, зафиксировано у стандарта Брянская 11 при обработке микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) – 126,5 г, что превышало контроль на 12,7 г (11,2 %). Инокуляция сорта Брянская 11

биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) не обеспечила статистически значимой прибавки: значение M_{1000} находилось на уровне контроля.

Сравнение средних значений по фактору А (генотип) при $НСР_{05} = 4,2$ г показало достоверные различия в массе 1000 семян (M_{1000}) между изучавшимися сортами и сортообразцами овощной сои. Наибольшее значение M_{1000} (161,6 г) сформировал сортообразец А, что достоверно превышало показатель стандарта Брянская 11 на 42,9 г (36,1 %). Достоверно выше стандарта также оказались сорт Hidaka и сортообразец F: прибавка составила соответственно 26,4 г (22,2 %) и 33,7 г (28,4 %).

Относительно влияния на массу 1000 семян сои биопрепарата и микробиологического удобрения (фактор В), то анализ показал, что их применение оказалось эффективным ($НСР_{05}$ по фактору В равнялась 3,63 г), при инокуляции биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) прибавка была достоверной и составляла 7,3 г, или 5,3 % по сравнению с контролем без обработки, а при инокуляции БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) – 16,2 г, или 11,9 %.

Дисперсионный анализ данных за 2022–2024 гг. (приложение О4) показал, что основным фактором, определяющим варьирование количества семян с растения овощной сои, является генотип (сорт и сортообразец), на долю которого приходится 54 % объяснённой дисперсии. Вклад биопрепарата и микробиологического удобрения в изменчивость признака оказался умеренным (20 %). Доля межфакторного взаимодействия $A \times B$ составила лишь 3 %, что свидетельствует об отсутствии выраженного синергетического эффекта. Вариация, обусловленная повторностями опыта, составила 7 %, тогда как на долю случайной ошибки пришлось 16 % общей дисперсии.

Согласно результатам дисперсионного анализа, фактор А (сорта и сортообразцы) оказал статистически достоверное влияние на количество семян с растения сои (компонент структуры урожайности): $F_{\text{факт.}} = 25,06 > F_{\text{табл.}} = 3,05$. Достоверным также было влияние фактора В (биопрепарат, микробиологическое удобрение): $F_{\text{факт.}} = 14,34 > F_{\text{табл.}} = 3,44$. Поэтому оба фактора внесли существенный вклад в вариацию признака. В то же время

эффект взаимодействия $A \times B$ оказался статистически незначимым ($F_{\text{факт.}} = 0,75 < F_{\text{табл.}} = 2,55$), что указывает на отсутствие условно–специфического ответа генотипов на применение инокулянтов. Точность опыта составляла 1,8 %, что характеризовало её как отличную.

При оценке частных различий средних значений количества семян с растения овощной сои за 2022–2024 гг. (табл. 8) с использованием критерия наименьшей существенной разности ($НСР_{05} = 5,24$ шт.) установлено следующее. Сорт–стандарт Брянская 11, инокулированный биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) и микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), сформировал соответственно 104,77 и 105,79 семян с растения. Эти значения статистически не различались с контролем – сортом Брянская 11 без обработки семян (101,03 шт.), поскольку разница не превышала величину $НСР_{05}$. Поэтому применение указанных инокулянтов на данном сорте не обеспечило достоверного увеличения количества семян. Остальные варианты по данному показателю существенно уступали контролю на 5,67–12,36 шт. или 5,6–12,2 %.

Сопоставление средних значений по фактору А (генотип) с использованием критерия $НСР_{05}$ (3,03 шт.) выявило, что сорт Hidaka и сортообразцы А и F достоверно уступали контролю, стандарту Брянская 11 без предпосевной обработки (103,86 шт.) по количеству семян с растения сои. Различия составили: сорт Hidaka – 10,69 шт. (10,3 %), сортообразец А – 10,05 шт. (9,7 %), сортообразец F – 10,28 шт. (9,9 %). Все отклонения превышали $НСР_{05}$, что подтверждает статистическую значимость снижения показателя.

Анализ влияния фактора В (биопрепарат, микробиологическое удобрение) на количество семян с растения сои показал достоверную эффективность инокуляции семян ($НСР_{05} = 2,62$ шт.). Среднее значение показателя в контроле (без обработки) составило 92,68 шт. Применение биопрепарата Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) обеспечило достоверное увеличение количества семян до 96,16 шт., что превышало контроль на 3,48 шт. (3,7 %). Предпосевная обработка семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА (Ж, 1,0 л/т) обеспечила максимум показателя (99,47 шт.), достоверно превышающий контроль на 6,79 шт. (7,3 %).

Оба инокулянта оказали статистически значимое стимулирующее действие на количество семян с растения сои.

Дисперсионный анализ данных 2022–2024 гг. (приложение Р4) показал, что вариабельность числа семян в бобе сои на 48 % обусловлена генотипом, что подтверждает первостепенную роль наследственных факторов. Доля инокуляции (фактор В) составила 24 %, а взаимодействия $A \times B$ – 17 %, свидетельствуя о генотип-зависимой реакции и обосновывая дифференцированный подбор препаратов. Вариабельность по повторностям (11 %) отражает полевою неоднородность участка, тогда как остаточная ошибка <1 % подтверждает высокую точность измерений и корректность схемы опыта. Полученные закономерности указывают на возможность значимой модификации репродуктивного признака биотехнологическими приёмами при ведущем генетическом контроле.

Дисперсионный анализ подтвердил статистически значимое влияние всех факторов на число семян в бобе. Максимальную долю вариабельности обусловил генотип (фактор А): $F_{\text{факт.}} = 20,63$ при $F_{\text{табл.}} = 3,05$, что более чем в 6,8 раз превышает критический порог и указывает на жёсткий генетический контроль признака. Применение инокулянтов (фактор В) также оказало достоверный эффект ($F_{\text{факт.}} = 13,65 > F_{\text{табл.}} = 3,44$), подтверждая регулируемую роль биологической обработки. Значимое взаимодействие $A \times B$ ($F_{\text{факт.}} = 3,49 > F_{\text{табл.}} = 2,55$) свидетельствует о сортовой специфичности ответа, что исключает универсальность препаратов и обосновывает их дифференцированный подбор. Относительная ошибка опыта на уровне 2,3 % укладывается в агрономические нормативы, подтверждая адекватность эксперимента.

Сравнительный анализ по $НСР_{05}$ частных различий (0,18 шт.) позволил ранжировать варианты по эффективности инокуляции. Максимальное число семян в бобе (3,01 шт.) зафиксировано у стандарта Брянская 11 при обработке Оптимайз 400 (1,8 л/т), что достоверно превышает собственный контроль на 0,24 шт. (8,7 %) и указывает на высокую совместимость данного генотипа с указанным препаратом. Применение БиоБеСтА (1,0 л/т) в среднем не

обеспечило значимой прибавки (2,63–2,86 шт.), однако выявлена чёткая сортовая специфика: у Hidaka, сортообразцов А и F отмечено достоверное снижение показателя на 0,24–0,32 шт. относительно контроля.

По генотипическому фактору (А) установлена статистически значимая дифференциация изученных образцов сои по числу семян в бобе ($НСР_{05} = 0,1$ шт.). Лидером по данному признаку стал стандарт Брянская 11 с показателем 2,88 шт. Этот результат подтверждает его статус эталонного образца для возделывания в условиях Центрального региона РФ. Остальные генотипы достоверно уступали стандарту: сорт Hidaka на 0,26 шт. или 9,0 % с показателем 2,62 шт., сортообразец А – на 0,32 шт. или 11,1 % с показателем 2,56 шт. и сортообразец F – на 0,35 шт. или 12,1 % с показателем 2,53 шт. Все перечисленные различия превышали $НСР_{05}$, что подтверждает статистическую достоверность ранжирования генотипов.

Анализ средних значений по фактору В (биопрепарат, микробиологическое удобрение) ($НСР_{05}$ по фактору В = 0,09 шт.) подтвердил достоверное влияние инокуляции на формирование количества семян в бобе сои овощной. Наибольшую среднюю продуктивность обеспечило микробиологическое удобрение БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) – 2,77 шт., что достоверно превышало контроль (без инокуляции) на 0,19 шт. (7,4 %). Такой результат свидетельствует о положительном общем эффекте данного инокулянта при усреднении по всем изученным генотипам. Обработка биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) в среднем по сортам не обеспечила достоверной прибавки: 2,62 шт. против 2,58 шт. в контроле (различие 0,04 шт. не превышало $НСР_{05}$).

4.13 Биологическая урожайность

Штаммы бактерий *Bradyrhizobium japonicum* и *Sinorhizobium fredii* способны вступать в симбиотические отношения с соей (*Glycine max* L.), колонизируя корневую систему и индуцируя формирование клубеньков.

Внутри клубеньков происходит биологическая фиксация атмосферного азота (N_2), который восстанавливается до аммиака – формы, усваиваемой растением (Burris P. X. et al., 1993; Vance C. P., 2001). Инокуляция семян сои указанными штаммами ризобий способствует увеличению числа и массы клубеньков, повышает интенсивность азотфиксации и, как следствие, оказывает положительное влияние на рост растений и формирование урожайности (Zhang J., 2015; Abdul–Aziz A.–L. et al., 2025).

Результаты дисперсионного анализа, проведённого в 2022 году (приложение Q1), показали, что основным источником вариации биологической урожайности сои овощной является генотипический фактор, объясняющий 60 % общей дисперсии. Это свидетельствует о ведущей роли сортовых особенностей в формировании урожайности в условиях Нечерноземной зоны РФ. Эффект от применения биопрепарата и микробиологического удобрения составил 28 % дисперсии, что подтверждает их высокую эффективность как агротехнического приёма при возделывании сои. Эффект взаимодействия факторов $A \times B$ оказался статистически незначимым (2 %), что позволяет рекомендовать данные инокулянты универсально, без дифференциации по генотипам. Доля дисперсии, обусловленная блоками (повторениями), составила 6 %, а остаточная (случайная) дисперсия – 4 %. Коэффициент варьирования составил 3 %, что свидетельствует о высокой точности полевого эксперимента и надёжности полученных результатов.

В 2022 году по результатам дисперсионного анализа влияние фактора А (сорта и сортообразцы) на биологическую урожайность сои оказалось статистически достоверным: $F_{\text{факт.}} = 39,57 > F_{\text{табл.}} = 3,05$. Аналогично достоверным было влияние фактора В (биопрепарат, микробиологическое удобрение): $F_{\text{факт.}} = 25,57 > F_{\text{табл.}} = 3,44$. Поэтому, оба фактора оказали существенное влияние на формирование урожайности. Эффект взаимодействия факторов $A \times B$ статистически не значим: $F_{\text{факт.}} = 0,99 < F_{\text{табл.}} = 2,55$. Это свидетельствует о том, что действие инокулянтов не зависело от конкретного генотипа сои, а их влияние на урожайность было недостоверным.

При оценке частных различий (табл. 9) между вариантами опыта по биологической урожайности сои овощной ($НСП_{05} = 0,41$ т/га) выявлены следующие закономерности.

Таблица 9. Биологическая урожайность сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, т/га

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Биологическая урожайность			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Средняя
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	3,09	3,22	3,56	3,29
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,15	3,47	3,88	3,5
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,58	3,7	4,07	3,78
Hidaka	Контроль, без обработки	3,4	3,35	3,41	3,39
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,55	3,87	4,24	3,89
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,01	4,04	4,56	4,2
А	Контроль, без обработки	3,96	3,99	3,93	3,96
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,27	4,41	4,25	4,31
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,92	4,74	4,4	4,69
F	Контроль, без обработки	3,77	3,76	3,7	3,74
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,28	4,09	3,95	4,11
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,48	4,41	4,19	4,36
НСП ₀₅ (частных различий)		0,41	0,44	0,43	0,37
НСП ₀₅ (фактор А)		0,23	0,25	0,25	0,21
НСП ₀₅ (фактор В)		0,2	0,22	0,22	0,18

Примечание. В 2022 г. средние по фактору А: Брянская 11 (St) – 3,27 т/га, Hidaka – 3,65 т/га, А – 4,38 т/га и F – 4,18 т/га; по фактору В: контроль – 3,55 т/га, Оптимайз 400 – 3,81 т/га и БиоБеСтА – 4,25 т/га. В 2023 г. средние по фактору А: Брянская 11 (St) – 3,46 т/га, Hidaka – 3,75 т/га, А – 4,38 т/га и F – 4,09 т/га; по фактору В: контроль – 3,58 т/га, Оптимайз 400 – 3,96 т/га и БиоБеСтА – 4,22 т/га. В 2024 г. средние по фактору А: Брянская 11 (St) – 3,84 т/га, Hidaka – 4,07 т/га, А – 4,19 т/га и F – 3,95 т/га; по фактору В: контроль – 3,65 т/га, Оптимайз 400 – 4,08 т/га и БиоБеСтА – 4,3 т/га. В 2022–2024 гг. средние по фактору А: Брянская 11 (St) – 3,52 т/га, Hidaka – 3,83 т/га, А – 4,32 т/га и F – 4,07 т/га; по фактору В: контроль – 3,59 т/га, Оптимайз 400 – 3,95 т/га и БиоБеСтА – 4,26 т/га.

Максимальная урожайность – 4,92 т/га – получена при инокуляции семян сортообразца А микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т). Данный показатель достоверно превышал контроль (сорт Брянская 11 без обработки) на 1,83 т/га, или на 59,2 %. Инокуляция сортообразца F указанным препаратом обеспечила урожайность 4,48 т/га, достоверно превысив контроль

на 1,39 т/га (45,0 %). Сорт Hidaka без обработки сформировал 3,55 т/га, что статистически значимо, но умеренно выше фонового уровня (0,46 т/га, 14,9 %). Применение Оптимаиз 400 к стандарту Брянская 11 не дало достоверной прибавки, как и ряд других вариантов, не преодолевших порог НСР₀₅.

По генотипическому фактору (А) установлена статистически значимая дифференциация образцов по биологической урожайности (НСР₀₅ = 0,23 т/га). Максимум показателя (4,38 т/га) зафиксирован у сортообразца А, что достоверно превосходит стандарт Брянская 11 на 1,11 т/га (50,7 %). Значимую прибавку к эталону также обеспечили сортообразец F (0,91 т/га, 27,8 %) и сорт Hidaka (0,80 т/га, 24,5 %).

Анализ влияния фактора В (биопрепарат, микробиологическое удобрение) на биологическую урожайность сои выявил достоверное положительное действие инокуляции по сравнению с контролем (без обработки семян). Инокуляция биопрепаратом Оптимаиз 400, РК (1,8 л/т) обеспечила достоверную прибавку урожайности (НСР₀₅ = 0,23 т/га) 0,26 т/га (7,3 %); инокуляция микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) дала более выраженный эффект – 0,7 т/га (19,7 %).

Результаты дисперсионного анализа 2023 года (приложение Q2) показали следующее распределение источников вариации биологической урожайности сои овощной: генотипический фактор (сорта и сортообразцы) – 49 % дисперсии; фактор обработки биопрепаратом и микробиологическим удобрением – 28 %; взаимодействие А × В – 7 %; блоки (повторения) – 1 %; остаточная (случайная) дисперсия – 15 %. Полученные данные свидетельствуют о ведущей роли генотипических различий в формировании продуктивности культуры. Эффект от применения биопрепарата и микробиологического удобрения также статистически значим, однако уступает генотипическому фактору по величине влияния. Незначительная доля вариации, обусловленная блоками (1 %), подтверждает качественное проведение эксперимента и равномерность условий в пределах опыта.

Умеренный уровень остаточной дисперсии (15 %) и позволяет считать полученные результаты надёжными для агрономических выводов.

В этом году по результатам дисперсионного анализа влияние фактора А (сорта и сортотипа) на биологическую урожайность сои овощной оказалось статистически достоверным: $F_{\text{факт.}} = 21,09 > F_{\text{табл.}} = 3,05$. Аналогично достоверным было влияние фактора В (биопрепарат, микробиологическое удобрение): $F_{\text{факт.}} = 18,41 > F_{\text{табл.}} = 3,44$. Поэтому, оба фактора оказали существенное влияние на формирование урожайности. Эффект взаимодействия факторов А×В статистически не значим: $F_{\text{факт.}} = 0,24 < F_{\text{табл.}} = 2,55$.

При оценке достоверности частных различий (табл. 9) по биологической урожайности сои в 2023 году ($НСР_{05} = 0,44$ т/га) установлено следующее. Максимальная урожайность – 4,74 т/га – получена при инокуляции семян сортотипа А микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т). Данный показатель достоверно превышал контроль (сорт Брянская 11 без обработки) на 1,52 т/га (47,2 %). Достоверно высокие результаты также обеспечили: инокуляция сортотипа F микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) и обработка сортотипа А биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) – 4,41 т/га (1,19 т/га, или 37,0 % к контролю). Самый низкий достоверный показатель наблюдался у стандарта Брянская 11 – 3,7 т/га, что значимо было выше контроля на 0,48 т/га, или 14,9 %. Сорта Hidaka без обработки инокулянтами и стандарт Брянская 11, семена которой были обработаны биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) формировали урожайность на уровне с контролем, соответственно 3,35 и 3,47 т/га, то есть у них прибавка была не существенной, математически не доказанной.

Сравнение средних значений по фактору А ($НСР_{05} = 0,25$ т/га) показало, что самую высокую биологическую урожайность формировал сортотип сои овощной А – 4,38 т/га, что было существенно на 0,92 т/га, или 26,6 % выше сорта стандарта Брянская 11. Сорт Hidaka и сортотип F также существенно превышали сорт стандарт, соответственно на 0,29 и 0,63 т/га, или 8,4 и 18,2 %.

Относительно влияния на биологическую урожайность сои овощной биопрепарата и микробиологического удобрения (фактор В), то анализ показал, что их применение в опыте оказалось эффективным (HCp_{05} по фактору В равнялась 0,22 т/га), при инокуляции биопрепаратом ОптимаЙз 400, РК (1,8 л/т) прибавка была достоверной и составляла 0,38 т/га, или 10,6 % по сравнению с контролем без обработки, а при инокуляции микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) – 0,64 т/га, или 17,9 %.

В 2024 году дисперсионный анализ (приложение Q3) выявил доминирующее влияние биопрепарата и микробиологического удобрения на биологическую урожайность сои (42 % объяснённой дисперсии) при умеренном вкладе генотипического фактора (10 %). Ключевым результатом стало значимое взаимодействие «сорт, сортообразец × биопрепарат, микробиологическое удобрение» (24 %), свидетельствующее о сортоспецифичности действия инокулянтов. Влияние повторений на биологическую урожайность культуры оценивалось в 5 %, ошибки опыта – 19 %. Полученные данные подчёркивают необходимость дифференцированного подбора инокулянтов для каждого сорта и сортообразца сои в условиях Нечерноземной зоны.

В этом году по результатам дисперсионного анализа влияние фактора А (сорта и сортообразцы) на биологическую урожайность сои оказалось статистически достоверным: $F_{\text{факт.}} = 3,24 > F_{\text{табл.}} = 3,05$. Аналогично достоверным было влияние фактора В (биопрепарат, микробиологическое удобрение): $F_{\text{факт.}} = 20,13 > F_{\text{табл.}} = 3,44$. Отсюда следует, что оба фактора оказали существенное влияние на формирование урожайности. Эффект взаимодействия факторов А×В статистически не значим: $F_{\text{факт.}} = 1,4 < F_{\text{табл.}} = 2,55$.

При оценке частных различий (табл. 9) по биологической урожайности сои с учётом применения сортов, сортообразцов и инокуляции семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением (HCp_{05} частных различий = 0,43 т/га) установлено, что наилучший результат – 4,56 т/га был получен при инокуляции семян сорта Нidака микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж в норме 1,0 л/т, что существенно превышало контроль сорт Брянская 11 без

обработки семян на 1,0 т/га, или 28,1 %. Также высокая биологическая урожайность обеспечивалась при применении данного удобрения на семенах сортообразца А – 4,4 т/га, что существенно превышало контроль на 0,84 т/га, или 23,6 %. Самый низкий достоверный показатель наблюдался у стандарта Брянская 11 – 3,7 т/га при инокуляции семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж в норме 1,0 л/т, что значимо было выше контроля на 0,51 т/га или 14,3 %. Сорт Hidaka, сортообразцы А и F без педпосевной обработки семян, а также стандарт Брянская 11, семена которой были обработаны биопрепаратом Оптимаиз 400, РК (1,8 л/т) формировали урожайность на уровне с контролем, соответственно 3,41; 3,93; 3,7 и 3,88 т/га, то есть у них прибавка была не существенной, математически не доказанной.

Сопоставление средних значений по фактору А ($НСР_{05} = 0,25$ т/га) показало, что самую высокую биологическую урожайность формировал сортообразец сои овощной А – 4,19 т/га, что было существенно на 0,35 т/га, или 9,1 % выше стандарта Брянская 11 (3,84 т/га). Разница в данном показателе у сортообразца F и сорта Hidaka со стандартом Брянская 11 статистически не доказана, отклонения не выходили за пределы $НСР_{05}$.

Относительно влияния на биологическую урожайность сои овощной биопрепарата и микробиологического удобрения (фактор В), то анализ показал, что их применение оказалось эффективным ($НСР_{05}$ по фактору В равнялась 0,22 т/га), при инокуляции семян биопрепаратом Оптимаиз 400, РК (1,8 л/т) показатель составил 4,08 т/га, в результате прибавка относительно контроля, без обработки, была существенной и составляла 0,43 т/га, или 11,8 %. При инокуляции семян сои микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) биологическая урожайность обеспечивалась на уровне 4,3 т/га, что существенно превышало контроль на 0,65 т/га, или 17,8 %.

В среднем за три года исследований (2022–2024 гг.) влияние сортов и сортообразцов на биологическую урожайность сои овощной (приложение Q4) было наиболее значимое среди факторов и составляло 44 %. Такой высокий вклад свидетельствует о сильных генетических различиях между изучаемыми

сортами и сортообразцами сои. Это типично для селекционных испытаний, где генотип является ключевым источником изменчивости. Вторым по значимости фактором были биопрепарат и микробиологическое удобрение и их влияние на данный показатель – 32 %. Это означает, что применение различных инокулянтов существенно влияет на урожайность – почти треть общей вариации объясняется именно этим фактором. Такой уровень влияния указывает на перспективность использования их в технологии возделывания сои. Очень слабое взаимодействие факторов А и В (сорт, сортообразец х биопрепарат, микробиологическое удобрение) – 3 %, говорит о том, что эффект инокулянтов практически не зависит от сорта: они работают схожим образом на всех сортообразцах, а сорта реагируют на инокулянты примерно одинаково. Это упрощает агротехнические рекомендации – можно рекомендовать инокулянты независимо от сорта. Минимальный вклад повторений – 1 %, указывает на высокую однородность условий эксперимента (почвы, микроклимата на делянках). Это хороший признак, который говорит, что при проведении исследований было успешно минимизирована пространственная неоднородность участка, и различия между повторностями практически не искажают результаты. Влияние ошибки – 20 % объясняется естественной биологической изменчивостью растений, мелкими неучтёнными факторами среды, погрешностями измерений и учёта урожая. В результате такой анализ позволяет ранжировать факторы по их агрономической значимости и формировать обоснованные рекомендации для производства.

По результатам дисперсионного анализа влияние фактора А (сорта и сортообразцы) на биологическую урожайность сои овощной оказалось статистически достоверным: $F_{\text{факт.}} = 21,61 > F_{\text{табл.}} = 3,05$. Аналогично достоверным было влияние фактора В (биопрепарат, микробиологическое удобрение): $F_{\text{факт.}} = 27,45 > F_{\text{табл.}} = 3,44$. Поэтому оба эти фактора оказали существенное влияние на формирование урожайности и разность между выборочными средними считается математически доказанной. Эффект взаимодействия факторов А×В статистически не значим, не достоверен: $F_{\text{факт.}}$

$= 0,37 < F_{\text{табл.}} = 2,55$, то есть разность между выборочными средними находится в пределах случайных колебаний.

При оценке частных различий между вариантами опыта по биологической урожайности сои овощной (табл. 9) с учётом применения различных сортов, сортообразцов, а также инокуляции семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением ($НСР_{05}$ частных различий = 0,37 т/га) было установлено, что наилучший результат – 4,69 т/га был получен при обработке семян сортообразца А микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж в норме 1,0 л/т, что существенно превышало контроль сорт Брянская 11 без обработки семян на 1,4 т/га, или 42,5 %. Также высокая биологическая урожайность обеспечивалась при применении данного инокулянта на семенах сортообразца F – 4,36 т/га, что существенно превышало контроль на 1,07 т/га, или 32,5 %. Самый низкий показатель урожайности наблюдался у сортообразца F в контрольном варианте без обработки семян – 3,74 т/га, что существенно превышало контрольный вариант, сорт Брянская 11 (St) без инокуляции на 0,45 т/га, или 13,7 %. Сорта Hidaka без предпосевной обработки семян и стандарт Брянская 11, семена которой были обработаны биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) формировали урожайность на уровне с контролем, соответственно 3,39 и 3,5 т/га, то есть у них прибавка была не существенной, математически не доказанной.

Сравнение средних значений по фактору А ($НСР_{05} = 0,21$ т/га) показало, что самую высокую биологическую урожайность формировал сортообразец сои овощной А – 4,32 т/га, что было существенно на 0,8 т/га или 22,7 % выше стандарта Брянская 11 (3,52 т/га). Сорт Hidaka и сортообразец F также существенно превышали стандарт, соответственно на 0,31 и 0,55 т/га или 8,8 и 15,6 %.

Анализ данных показал достоверное влияние биопрепарата и микробиологического удобрения на урожайность сои ($НСР_{05}$ по фактору В = 0,18 т/га). Наиболее эффективными оказались следующие варианты инокуляции семян: биопрепарат Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) обеспечил урожайность 3,95 т/га, что превысило контроль (без обработки) на 0,36 т/га,

или на 10,0 %; микробиологическое удобрение БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) обеспечил ещё более высокую эффективность: урожайность составила 4,26 т/га, превысив контроль на 0,67 т/га (18,7 %).

4.14 Биохимический состав семян

Азотфиксирующие бактерии *Rhizobium* и *Bradyrhizobium* обеспечивают сою овощную биодоступным азотом, необходимым для синтеза белков и формирования питательной ценности семян (Vance C. P., 2001).

Содержание воды критично для сохранности семян сои. Инокуляция азотфиксирующими бактериями снижает её уровень на 5 % (Cordeiro C. F. D. S. et al., 2019), что способствует увеличению срока хранения и устойчивости к вредителям и болезням (Wijewardana C. et al., 2019).

Содержание белка – ключевой показатель качества сои овощной. Инокуляция *Bradyrhizobium japonicum* повышает его уровень на 18 % (Fituma T., 2022) благодаря улучшенной доступности азота, стимулирующей синтез аминокислот и белков (Haug W., 1980; Gorissen S. H. M. et al., 2018).

Содержание жира в сое овощной важно для производства масла. Инокуляция штаммом *Sinorhizobium fredii* увеличивает содержание липидов на 12 % благодаря активации фотосинтетического аппарата и ускоренному липидогенезу (Wu Z., 2020; López–Baena F. J. et al., 2016). Сбалансированное азотно-минеральное питание дополнительно оптимизирует качественный состав формируемых растительных масел (Chen L., 2019).

Инокуляция *B. japonicum* повышает содержание клетчатки в овощной сое (Zhang J., 2015), что обеспечивает необходимый объём пищевых волокон для поддержания нормальной функции ЖКТ человека и животных (Cunha J. C., 2018).

Инокуляция азотфиксаторами повышает зольность семян овощной сои на 13 % (Hernandez M. et al., 2020), что указывает на усиленное минеральное питание благодаря симбиотической фиксации азота. Данный приём также

способствует поддержанию почвенного плодородия и стабилизации агроэкосистем (Naug W., 1980).

Эффективность инокуляции овощной сои азотфиксирующими бактериями определяется почвенно-климатическими параметрами (механическим составом грунта, влагообеспеченностью и температурным режимом). Указанные абиотические факторы модулируют симбиотическую активность микроорганизмов, что напрямую отражается на нутриентном составе формируемых семян (Hamza N., 2016).

Дисперсионный анализ влажности семян овощной сои в фазе технической спелости (приложение Р, усреднённые данные 2022–2024 гг.) выявил доминирующую роль генотипической изменчивости: вклад сортового фактора составил 60 %. Предпосевная инокуляция объясняет 20 % варьирования признака. Отсутствие статистически значимого взаимодействия «сорт × обработка» (0 %) свидетельствует о независимом характере реакции генотипов на бактериальные препараты. Вклад фактора повторностей (17 %) отражает влияние полевой неоднородности, тогда как минимальная доля случайной ошибки (3 %) подтверждает высокую воспроизводимость и надёжность полученных данных.

Дисперсионный анализ (приложение R) подтвердил достоверное влияние генотипического фактора ($F_{\text{факт.}} = 196,8 > F_{\text{табл.}} = 3,05$) и предпосевной обработки семян ($F_{\text{факт.}} = 111,76 > F_{\text{табл.}} = 3,44$) на содержание влаги в семенах овощной сои в фазе технической спелости. Различия выборочных средних статистически значимы. Взаимодействие факторов $A \times B$ оказалось недостоверным ($F_{\text{факт.}} = 0,83 < F_{\text{табл.}} = 2,55$), что исключает синергетический эффект и указывает на случайный характер остаточной изменчивости. Низкая ошибка опыта (1,2 %) подтверждает отличную точность и надёжность проведённых исследований.

При сравнении частных различий между вариантами опыта по содержанию воды в семенах сои овощной в фазе технической спелости (табл. 10) с учётом $НСР_{05} = 0,28$ г/100 г абсолютно сухой массы установлено, что

максимальный показатель (8,8 г/100 г) достигнут при предпосевной обработке семян сортообразца А микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что достоверно превышает контроль (сорт Брянская 11, без обработки – 6,2 г/100 г) на 2,6 г/100 г, или 41,9 %. Высокие значения также получены при применении этого же инокулянта на сорте Hidaka, а также биопрепарата Оптимаиз 400, РК (1,8 л/т) на обоих генотипах – 8,6 г/100 г (2,4 г/100 г, или 38,7 % к контролю). Во всех остальных вариантах содержание воды статистически значимо превышало контроль на 0,6–1,6 г/100 г (9,7–25,8 %), что подтверждает положительное влияние инокуляции на гидратацию семян независимо от конкретного сочетания «генотип × биопрепарат».

Сравнение средних значений по фактору А (генотип) с учётом $НСР_{05} = 0,16$ г/100 г показало, что наибольшее содержание воды в семенах сои овощной в фазе технической спелости характерно для сорта Hidaka (8,3 г/100 г) и сортообразца А (8,4 г/100 г). Содержание влаги в изучаемых образцах достоверно превышает показатель стандарта Брянская 11 на 1,5–1,6 г/100 г (22,1–23,5 %). Сортообразец F также демонстрирует статистически значимое преимущество: при абсолютном значении 7,4 г/100 г превышение над стандартом составляет 0,6 г/100 г (8,8 %). Поэтому, генотип выступает ведущим фактором дифференциации объектов по содержанию влаги в семенах, что необходимо учитывать при отборе исходного материала для возделывания.

Дисперсионный анализ подтвердил достоверное влияние препаратов на влажность семян овощной сои в фазе технической спелости ($НСР_{05}$ по фактору В = 0,14 г/100 г). Наибольшее значение признака (8,1 г/100 г) зафиксировано при обработке семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т): превышение над контролем составило 1,0 г/100 г, или 14,1 %. Применение биопрепарата Оптимаиз 400, РК (1,8 л/т) также обеспечило статистически значимый рост показателя до 7,9 г/100 г (0,8 г/100 г, или 11,3 % к контролю). Поэтому, инокуляция семян биопрепаратом и

микробиологическим удобрением способствует улучшению их гидратации, что положительно сказывается на их качестве и последующей сохранности.

Таблица 10. Содержание воды, белка, жира, клетчатки и золы в семенах сои овощной в фазе технической спелости в зависимости от сортов, сортообразцов и инокуляции биопрепаратом и микробиологическим удобрением, г/100 г абсолютно сухой массы (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Вода	Белок	Жир	Клетчатка	Зола
Брянская 11 (St)	Контроль, б/о	6,2	33,1	14,0	2,6	2,3
	Оптимайз 400	7,0	34,0	15,1	2,7	3,0
	БиоБеСтА	7,3	34,2	15,7	2,9	3,2
Hidaka	Контроль, б/о	7,8	33,2	13,6	2,6	4,2
	Оптимайз 400	8,6	34,1	14,7	2,7	4,9
	БиоБеСтА	8,6	34,6	14,7	2,9	5,3
А	Контроль, б/о	7,8	35,4	11,8	2,9	3,4
	Оптимайз 400	8,6	36,3	12,9	3,0	4,0
	БиоБеСтА	8,8	37,2	12,7	3,2	4,5
F	Контроль, б/о	6,8	35,7	11,7	3,1	3,4
	Оптимайз 400	7,6	36,6	12,6	3,2	4,1
	БиоБеСтА	7,6	37,1	13,0	3,4	4,3
НСР ₀₅ (частных различий)		0,28	0,53	0,3	0,32	0,21
НСР ₀₅ (фактор А)		0,16	0,31	0,18	0,19	0,12
НСР ₀₅ (фактор В)		0,14	0,27	0,15	0,16	0,11

Примечание. Средние значения содержания воды в семенах по фактору А: Брянская 11 (St) – 6,8 г/100 г, Hidaka – 8,3 г/100 г, А – 8,4 г/100 г и F – 7,4 г/100 г; по фактору В: контроль – 7,1 г/100 г, Оптимайз 400 – 7,9 г/100 г и БиоБеСтА – 8,1 г/100 г абсолютно сухой массы. Средние значения содержания белка в семенах по фактору А: Брянская 11 (St) – 33,8 г/100 г, Hidaka – 34,0 г/100 г, А – 36,3 г/100 г и F – 36,5 г/100 г; по фактору В: контроль – 34,3 г/100 г, Оптимайз 400 – 35,2 г/100 г и БиоБеСтА – 35,8 г/100 г абсолютно сухой массы. Средние значения содержания жира в семенах по фактору А: Брянская 11 (St) – 14,9 г/100 г, Hidaka – 14,3 г/100 г, А – 12,5 г/100 г и F – 12,4 г/100 г; по фактору В: контроль – 12,8 г/100 г, Оптимайз 400 – 13,8 г/100 г и БиоБеСтА – 14,0 г/100 г абсолютно сухой массы. Средние значения содержания клетчатки в семенах по фактору А: Брянская 11 (St) – 2,7 г/100 г, Hidaka – 2,7 г/100 г, А – 3,0 г/100 г и F – 3,2 г/100 г; по фактору В: контроль – 2,8 г/100 г, Оптимайз 400 – 2,9 г/100 г и БиоБеСтА – 3,1 г/100 г абсолютно сухой массы. Средние значения содержания золы в семенах по фактору А: Брянская 11 (St) – 2,8 г/100 г, Hidaka – 4,8 г/100 г, А – 4,0 г/100 г и F – 3,9 г/100 г; по фактору В: контроль – 3,3 г/100 г, Оптимайз 400 – 4,0 г/100 г и БиоБеСтА – 4,3 г/100 г абсолютно сухой массы.

По результатам дисперсионного анализа содержания белка в семенах сои овощной в фазе технической спелости (средние данные за 2022–2024 гг., приложение S) установлено, что определяющим фактором варьирования

признака выступил генотип (сорта и сортообразцы) – 53 % от общей дисперсии. Вклад предпосевной обработки семян составил 11 %, тогда как взаимодействие $A \times B$ проявилось минимально (1 %), что свидетельствует о стабильной и предсказуемой реакции различных генотипов на инокуляцию. Существенная доля вариации, обусловленная фактором повторений (33 %), отражает влияние гетерогенности полевых условий, однако низкий уровень ошибки опыта (2 %) подтверждает высокую точность и воспроизводимость полученных результатов.

Результаты проведённого дисперсионного анализа (приложение S) показали высокодостоверное влияние как генотипического фактора ($F_{\text{факт.}} = 191,61 > F_{\text{табл.}} = 3,05$), так и инокуляции ($F_{\text{факт.}} = 62,51 > F_{\text{табл.}} = 3,44$) на содержание белка в семенах сои овощной в фазе технической спелости. Различия между выборочными средними по обоим факторам статистически доказаны. Взаимодействие «образец $\times$ биопрепарат, микробиологическое удобрение» оказалось незначимым ($F_{\text{факт.}} = 0,83 < F_{\text{табл.}} = 2,55$), что указывает на отсутствие специфической реакции отдельных генотипов на биопрепарат и микробиологическое удобрение и позволяет рассматривать их эффекты как аддитивные. Минимальный уровень ошибки опыта (0,5 %) свидетельствует об отличной точности планирования и проведения исследований.

При сравнении частных различий между вариантами опыта по содержанию белка в семенах сои овощной в фазе технической спелости (табл. 10) с учётом $НСР_{05} = 0,53$ г/100 г абсолютно сухой массы установлено, что максимальные показатели (37,1–37,2 г/100 г) достигнуты при предпосевной обработке семян сортообразцов А и F микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что достоверно превышает контроль (сорт Брянская 11, без обработки – 33,1 г/100 г) на 4,0–4,1 г/100 г, или 12,1–12,4 %. Высокую эффективность также обеспечил биопрепарат Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) на тех же генотипах: 36,3–36,6 г/100 г (3,2–3,5 г/100 г, или 9,7–10,6 % к контролю). Во всех остальных сочетаниях «генотип $\times$ биопрепарат, микробиологическое удобрение» содержание белка статистически значимо превышало контроль на

0,9–2,6 г/100 г (2,7–7,8 %), что подтверждает общую положительную тенденцию влияния инокуляции на белковость семян. Исключение составил сорт Брянская 11 (St) при обработке Оптимайз 400, РК: прибавка к контролю оказалась статистически незначимой, что указывает на генотипическую специфику реакции и необходимость дифференцированного подбора биопрепаратов и микробиологических удобрений под конкретный сорт.

Сравнение средних значений по фактору А (генотип) с учётом $НСР_{05} = 0,31$ г/100 г выявило существенную дифференциацию сортов и сортообразцов по содержанию белка в семенах сои овощной в фазе технической спелости. Лидирующие позиции заняли сортообразцы А и F с показателями 36,3 и 36,5 г/100 г соответственно, что достоверно превышает уровень стандарта Брянская 11 на 2,5–2,7 г/100 г, или на 7,4–8,0 %. Сорт Hidaka (34,0 г/100 г) обеспечил лишь тенденцию к повышению белковости относительно стандарта (0,2 г/100 г), однако разница не достигла порога статистической значимости. Поэтому, генотипический фактор оказывает определяющее влияние на формирование белкового компонента семян, что обосновывает приоритетное использование сортообразцов А и F в селекционных и производственных программах, направленных на повышение питательной ценности сои.

Дисперсионный анализ подтвердил статистически достоверное влияние биопрепарата и микробиологического удобрения на содержание белка в семенах сои овощной в фазе технической спелости ($НСР_{05}$ по фактору В = 0,27 г/100 г). Максимальный показатель (35,8 г/100 г) получен при инокуляции микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что достоверно превышает контроль (без обработки) на 1,5 г/100 г, или 4,4 %. Применение биопрепарата Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) также обеспечило значимое повышение содержания белка до 35,2 г/100 г (0,9 г/100 г, или 2,6 % к контролю). Поэтому, оба инокулянта обеспечили положительный эффект, однако БиоБеСтА, Ж проявил более выраженное действие. Полученные данные свидетельствуют о том, что инокуляция семян азотфиксирующими бактериями способствует улучшению азотного питания растений и, как

следствие, повышению белковости семян, что имеет важное практическое значение для производства сои с улучшенными питательными качествами.

Дисперсионный анализ содержания жира в семенах овощной сои в фазе технической спелости (усреднённые данные 2022–2024 гг., приложение Т) выявил преобладание генотипической изменчивости: сортовой фактор обусловил 63 % общей дисперсии признака. Влияние предпосевной обработки оказалось существенным, но подчинённым (15 %). Взаимодействие факторов (сорт × препарат) не достигло уровня статистической значимости (2 %), что указывает на однонаправленный характер реакции генотипов на инокуляцию. Вариация, связанная с повторностями (19 %), отражает полевую гетерогенность, тогда как минимальный остаточный разброс (1 %) подтверждает высокую точность постановки опыта и надёжность полученных выводов.

Дисперсионный анализ (приложение Т) подтвердил достоверное влияние сортов и сортообразцов ($F_{\text{факт.}} = 454,57 > F_{\text{табл.}} = 3,05$) и предпосевной обработки ($F_{\text{факт.}} = 165,69 > F_{\text{табл.}} = 3,44$) на содержание жира в семенах овощной сои в фазе технической спелости. Взаимодействие факторов «сорт × препарат» также статистически значимо ($F_{\text{факт.}} = 3,98 > F_{\text{табл.}} = 2,55$), хотя его доля в общей вариации существенно ниже. Это указывает на генотипическую специфичность ответа на инокуляцию: эффективность конкретных биопрепарата и микробиологического удобрения варьирует в зависимости от сортовой принадлежности. Полученные данные обосновывают дифференцированный подбор комбинаций «сорт, сортообразец – инокулянт» для целевого повышения липидности семян. Различия между выборочными средними по всем изучаемым факторам математически доказаны. Минимальный уровень ошибки опыта (0,7 %) свидетельствует об отличной точности планирования и проведения исследований, а также о надёжности и воспроизводимости полученных результатов.

При сравнении частных различий между вариантами опыта по содержанию жира в семенах сои овощной в фазе технической спелости (табл.

10) с учётом $НСР_{05} = 0,3$ г/100 г абсолютно сухой массы установлено, что максимальные показатели (15,1–15,7 г/100 г) достигнуты при инокуляции стандарта Брянская 11 биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) и микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что достоверно превышает контроль (тот же сорт без обработки – 14,0 г/100 г) на 1,1–1,7 г/100 г, или 7,9–12,1 %. Сорт Hidaka при обработке теми же инокулянтами также обеспечил положительный эффект – 14,7 г/100 г (0,7 г/100 г, или 5,0 % к контролю). Примечательно, что во всех остальных сочетаниях «генотип × инокулянт» содержание жира статистически значимо снижалось относительно контроля на 0,4–2,3 г/100 г (2,9–16,4 %).

Сравнение средних значений по фактору А (генотип) с учётом $НСР_{05} = 0,18$ г/100 г выявило достоверные различия между изучаемыми сортами и сортообразцами по содержанию жира в семенах сои овощной в фазе технической спелости. Стандарт Брянская 11 обеспечил наивысший показатель, тогда как остальные генотипы статистически значимо уступали ему: сорт Hidaka – 14,3 г/100 г (0,6 г/100 г, или 4,0 %), сортообразцы А и F – 12,5 и 12,4 г/100 г соответственно (2,4 и 2,5 г/100 г, или 16,1 и 16,8 %).

Дисперсионный анализ подтвердил статистически достоверное влияние инокулянтов на содержание жира в семенах сои овощной в фазе технической спелости ($НСР_{05}$ по фактору В = 0,15 г/100 г). Максимальный показатель (14,0 г/100 г) получен при предпосевной обработке семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что достоверно превышает контроль (без обработки) на 1,2 г/100 г, или 9,4 %. Применение биопрепарата Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) также обеспечило значимое повышение содержания жира до 13,8 г/100 г (1,0 г/100 г, или 7,8 % к контролю).

По результатам дисперсионного анализа содержания клетчатки в семенах сои овощной в фазе технической спелости (средние данные за 2022–2024 гг., приложение У) установлено, что варьирование признака определялось преимущественно фактором повторений (69 %), что отражает существенное влияние гетерогенности полевых условий на формирование волокнистой

фракции семян. Генотипический фактор обусловил 15 % общей дисперсии, что указывает на умеренную межсортовую дифференциацию по содержанию клетчатки. Влияние предпосевной обработки и взаимодействия «сорт × инокулянт» оказалось минимальным (по 3 % каждый), подтверждая слабую зависимость признака от биологической стимуляции и отсутствие генотип-специфичного ответа. Доля случайной ошибки (10 %) превышает значения по остальным показателям, однако остаётся в рамках допустимых пределов, что гарантирует статистическую надёжность эксперимента.

Дисперсионный анализ (приложение U) подтвердил достоверное влияние сортов и сортообразцов ($F_{\text{факт.}} = 14,61 > F_{\text{табл.}} = 3,05$) и предпосевной инокуляции ($F_{\text{факт.}} = 7,57 > F_{\text{табл.}} = 3,44$) на содержание клетчатки в семенах овощной сои в фазе технической спелости. Различия средних значений статистически значимы, что указывает на реальное воздействие обоих факторов на формирование волокнистой фракции. Взаимодействие «сорт × препарат» недостоверно ($F_{\text{факт.}} = 0,04 < F_{\text{табл.}} = 2,55$), свидетельствуя об отсутствии генотип-специфичного ответа и аддитивном характере влияния изучаемых параметров. Иными словами, биопрепараты и микробиологические удобрения оказывают сопоставимое воздействие на содержание клетчатки независимо от сортовой принадлежности, что упрощает рекомендации по их применению. Уровень ошибки опыта в 3,8 % свидетельствует о вполне удовлетворительной точности планирования и проведения исследований, обеспечивая достаточную надёжность для интерпретации полученных закономерностей.

При сравнении частных различий между вариантами опыта по содержанию клетчатки в семенах сои овощной в фазе технической спелости (табл. 10) с учётом $НСР_{05} = 0,32$ г/100 г абсолютно сухой массы установлено, что максимальный показатель (3,4 г/100 г) достигнут при инокуляции сортообразца F микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что достоверно превышает контроль (сорт Брянская 11, без обработки – 2,6 г/100 г) на 0,8 г/100 г, или 30,8 %. Высокие значения также получены при применении того же инокулянта на сортообразце А, а также биопрепарата

Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) на сортообразце F – 3,2 г/100 г (0,6 г/100 г, или 23,1 % к контролю). В большинстве остальных сочетаний «генотип × инокулянт» содержание клетчатки статистически значимо превышало контроль на 0,3–0,5 г/100 г (11,5–19,2 %), что подтверждает общую положительную тенденцию влияния инокуляции на формирование волокнистой фракции семян. Исключение составили варианты с сортами Брянская 11 и Hidaka при обработке биопрепаратом Оптимайз 400, РК, а также Hidaka без инокуляции: в этих случаях прибавка к контролю оказалась статистически незначимой.

Сравнение средних значений по фактору A (генотип) с учётом $НСР_{05} = 0,19$ г/100 г выявило существенную дифференциацию изучаемых сортов и сортообразцов по содержанию клетчатки в семенах сои овощной в фазе технической спелости. Наибольшие показатели характерны для сортообразцов A (3,0 г/100 г) и F (3,2 г/100 г), что достоверно превышает уровень стандарта Брянская 11 на 0,3–0,5 г/100 г, или на 11,1–18,5 %. Сорт Hidaka (2,7 г/100 г) обеспечивал результат, статистически эквивалентный стандарту: разница не достигла порога значимости, что свидетельствует об отсутствии преимуществ данного генотипа по накоплению волокнистой фракции семян.

Дисперсионный анализ подтвердил статистически достоверное влияние биопрепаратов на содержание клетчатки в семенах сои овощной в фазе технической спелости ($НСР_{05}$ по фактору B = 0,16 г/100 г). Максимальный показатель (3,1 г/100 г) получен при предпосевной инокуляции препаратом БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что достоверно превышает контроль (без обработки) на 0,3 г/100 г, или 10,7 %. Обработка семян биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) обусловила тенденцию к повышению содержания клетчатки до 2,9 г/100 г (0,1 г/100 г, или 3,6 % к контролю), однако полученный прирост статистически недостоверен.

Дисперсионный анализ зольности семян овощной сои в фазе технической спелости (усреднённые данные 2022–2024 гг., приложение V) выявил преобладание генотипической изменчивости: сортовой фактор обусловил 59 % общей дисперсии, что подтверждает ведущую роль

наследственных детерминант в формировании минерального профиля. Влияние предпосевной инокуляции оказалось существенным, но вторичным (20 %). Взаимодействие факторов (сорт × препарат) статистически незначимо (1 %), что свидетельствует об однонаправленной реакции сортов и сортообразцов на биологическую стимуляцию. Вариация, связанная с повторностями (19 %), отражает полувую гетерогенность, тогда как минимальный остаточный разброс (1 %) подтверждает высокую точность постановки опыта и надёжность полученных данных.

Дисперсионный анализ (приложение V) подтвердил достоверное влияние сортов и сортообразцов ($F_{\text{факт.}} = 369,89 > F_{\text{табл.}} = 3,05$) и предпосевной инокуляции ($F_{\text{факт.}} = 197,21 > F_{\text{табл.}} = 3,44$) на зольность семян овощной сои в фазе технической спелости. Высокие значения F-критерия свидетельствуют о существенном вкладе обоих факторов в минеральный обмен; различия средних статистически значимы. Взаимодействие «сорт × инокулянт» не достигло уровня достоверности ($F_{\text{факт.}} = 1,21 < F_{\text{табл.}} = 2,55$), что указывает на аддитивный характер эффектов и отсутствие генотип-специфичного ответа. Это обосновывает возможность разработки универсальных рекомендаций по применению биопрепарата и микробиологического удобрения независимо от сортовой принадлежности. Низкий уровень ошибки опыта (1,8 %) подтверждает отличную точность планирования и проведения исследований, а также надёжность и воспроизводимость полученных результатов.

При сравнении частных различий между вариантами опыта по содержанию золы в семенах сои овощной в фазе технической спелости (табл. 10) с учётом $НСР_{05} = 0,21$ г/100 г абсолютно сухой массы установлено, что максимальный показатель (5,3 г/100 г) достигнут при инокуляции сорта Hidaka микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что достоверно превышает контроль (сорт Брянская 11, без обработки – 2,3 г/100 г) на 3,0 г/100 г, или более чем в 2,3 раза. Высокие значения также получены при применении биопрепарата Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) на том же сорте – 4,9 г/100 г (2,6 г/100 г к контролю), что подтверждает эффективность обоих инокулянтов в

отношении усиления аккумуляции минеральных веществ. Во всех остальных сочетаниях «генотип × инокулянт» содержание золы статистически значимо превышало контроль на 0,7–2,2 г/100 г (30,4–95,6 %), что свидетельствует о стабильно положительном влиянии предпосевной обработки семян на минеральный обмен растений независимо от комбинации факторов.

Сравнение средних значений по фактору А (сорт, сортообразец) с учётом $НСР_{05} = 0,12$ г/100 г выявило существенную дифференциацию изучаемых генотипов по содержанию золы в семенах сои овощной в фазе технической спелости. Максимальное значение признака зафиксировано у сорта Hidaka (4,8 г/100 г), достоверно превосходящего стандарт Брянская 11 на 2,0 г/100 г (в 1,7 раза). Статистически значимое превышение контрольного показателя также отмечено у сортообразцов А (4,0 г/100 г; 1,2 г/100 г, или 42,9 %) и F (3,9 г/100 г; 1,1 г/100 г, или 39,3 %).

Дисперсионный анализ подтвердил достоверное влияние биопрепарата и микробиологического удобрения на зольность семян овощной сои в фазе технической спелости ($НСР_{05}$ по фактору В = 0,11 г/100 г). Наибольшее значение (4,3 г/100 г) зафиксировано при обработке семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т): превышение над контролем составило 1,0 г/100 г, или 30,3 %. Применение биопрепарата Оптимаиз 400, РК (1,8 л/т) также обеспечило статистически значимый рост признака до 4,0 г/100 г (0,7 г/100 г, или 21,2 % к контролю).

Симбиотическая фиксация азота формирует сбалансированный минеральный статус овощной сои, стимулируя ростовые процессы и активизируя поглощение фосфора и калия, что в совокупности оптимизирует развитие растений (Guo W. et al., 2020).

Симбиотическая азотфиксация *Bradyrhizobium* не только повышает продуктивность овощной сои, но и способствует накоплению в семенах микроэлементов, таких как железо и цинк.

Железо критично для фотосинтеза и урожайности сои, а его дефицит ограничивает рост растений (Baker A. V. et al., 2007). Инокуляция

Bradyrhizobium повышает доступность железа в почве и его накопление в семенах (Береговая Ю. В. и др., 2018; Сатаева Л. В. и др., 2025), обеспечивая прибавку содержания этого элемента на 15 % по сравнению с инокулированным контролем (O'Brien J. M., 2018).

Цинк критичен для роста растений, синтеза белка и метаболизма нуклеиновых кислот (Graham R. D., 2001). Инокуляция ризобиями повышает содержание цинка в семенах сои на 25 %, улучшая их качество, устойчивость к стрессам и общее состояние растений (Bhat J. A., 2020), а симбиоз с азотфиксирующими бактериями способствует более эффективному усвоению и накоплению цинка в семенах (Wang Y., 2018).

Азотфиксирующие бактерии влияют на микроэлементный состав через стимуляцию роста корней и усвоения питательных веществ (Vance C. P., 2001), выделение органических кислот для солюбилизации минералов (Saravanan V. S., 2019) и симбиотическую мобилизацию металлов через транспортные механизмы (Sulieman W., 2017).

Результаты дисперсионного анализа (приложение W) показали, что основным фактором, определяющим содержание фосфора в семенах сои овощной в фазе технической спелости (усреднённые данные за 2022–2024 гг.), является генотипическая принадлежность (сорта и сортообразцы): её вклад в общую вариацию признака составил 97 %. Влияние инокуляции оказалось незначительным – 3 %. Эффекты взаимодействия «генотип × инокулянт», а также влияние повторностей и случайной ошибки статистически не достоверны (доля вариации равна 0 %).

По результатам дисперсионного анализа (приложение W) установлено статистически достоверное влияние как генотипического фактора (сорта и сортообразцы) ($F_{\text{факт.}} = 103566,7 > F_{\text{табл.}} = 3,05$), так и инокуляции ($F_{\text{факт.}} = 4311,76 > F_{\text{табл.}} = 3,44$) на содержание фосфора в семенах сои в фазе технической спелости. Различия между выборочными средними по обоим факторам подтверждены на уровне статистической значимости. Эффект взаимодействия «генотип × инокулянт» также оказался статистически

значимым ($F_{\text{факт.}} = 178,43 > F_{\text{табл.}} = 2,55$), что свидетельствует о зависимости реакции сортов на предпосевную обработку семян. Низкий уровень ошибки опыта (3,5 %) указывает на вполне удовлетворительную точность и воспроизводимость полученных результатов.

Анализ различий между средними значениями содержания фосфора в семенах сои овощной в фазе технической спелости (табл. 11) при $НСР_{05} = 3,48$ мг/100 г абсолютно сухого вещества показал, что максимальный показатель (2050 мг/100 г) достигнут при инокуляции сорта Hidaka микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т). Это значение достоверно превышает контроль (сорт Брянская 11, без обработки – 1460 мг/100 г) на 590 мг/100 г, или на 40,4 %. Высокие результаты также получены при применении на этом же сорте биопрепарата Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) – 2010 мг/100 г (превышение над контролем на 550 мг/100 г, или 37,7 %). В остальных вариантах опыта содержание фосфора статистически значимо превышало контроль на 60–500 мг/100 г (4,1–34,2 %). Полученные данные подтверждают положительное влияние инокуляции на накопление фосфора в семенах сои овощной.

Сравнение средних значений содержания фосфора по фактору А (генотип) при $НСР_{05} = 2,01$ мг/100 г абсолютно сухого вещества выявило, что лидирующее положение занимал сорт Hidaka (2017 мг/100 г). Данный показатель достоверно превышал значение стандарта Брянская 11 (1520 мг/100 г) на 497 мг/100 г, или на 32,7 %. Сортообразцы А и F также достоверно превышали стандартный показатель, составив 1917 и 1710 мг/100 г соответственно (превышение на 397 и 190 мг/100 г, или 26,1 и 12,5 %).

Результаты дисперсионного анализа подтвердили статистически достоверное влияние инокулянтов (фактор В) на содержание фосфора в семенах сои овощной в фазе технической спелости ($НСР_{05} = 1,74$ мг/100 г абсолютно сухого вещества). Максимальное содержание фосфора (1832 мг/100 г) достигнуто при предпосевной обработке семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что достоверно превышало контроль (без инокуляции) на 77 мг/100 г, или на 4,4 %. Применение биопрепарата Оптимайз

400, РК (1,8 л/т) также обеспечило статистически значимое повышение показателя до 1785 мг/100 г (превышение над контролем на 30 мг/100 г или 1,7 %). Контрольный вариант (без инокуляции) характеризовался содержанием фосфора на уровне 1755 мг/100 г.

Таблица 11. Содержание фосфора, калия, железа и цинка в семенах сои овощной в фазе технической спелости в зависимости от сортов, сортообразцов и инокуляции биопрепаратом и микробиологическим удобрением, мг/100 г абсолютно сухой массы (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Фосфор	Калий	Железо	Цинк
Брянская 11 (St)	Контроль, б/о	1460	1860	3,14	1,81
	Оптимайз 400	1520	1980	3,84	2,3
	БиоБеСтА	1580	2100	3,81	2,79
Hidaka	Контроль, б/о	1990	2080	4,74	2,31
	Оптимайз 400	2010	2190	5,3	2,8
	БиоБеСтА	2050	2160	5,4	3,29
А	Контроль, б/о	1890	1870	4,13	2,64
	Оптимайз 400	1900	1910	4,83	3,13
	БиоБеСтА	1960	1970	4,76	3,62
F	Контроль, б/о	1680	1870	5,3	1,54
	Оптимайз 400	1710	1990	5,35	2,03
	БиоБеСтА	1740	2110	5,7	2,52
НСР ₀₅ (частных различий)		3,48	3,38	0,24	0,25
НСР ₀₅ (фактор А)		2,01	1,95	0,33	0,33
НСР ₀₅ (фактор В)		1,74	1,69	0,22	0,32

Примечание. Средние значения содержания фосфора в семенах по фактору А: Брянская 11 (St) – 1520 мг/100 г, Hidaka – 2017 мг/100 г, А – 1917 мг/100 г и F – 1710 мг/100 г; по фактору В: контроль – 1755 мг/100 г, Оптимайз 400 – 1785 мг/100 г и БиоБеСтА – 1832 мг/100 г абсолютно сухой массы. Средние значения содержания калия в семенах по фактору А: Брянская 11 (St) – 1980 мг/100 г, Hidaka – 2143 мг/100 г, А – 1917 мг/100 г и F – 1990 мг/100 г; по фактору В: контроль – 1920 мг/100 г, Оптимайз 400 – 2017 мг/100 г и БиоБеСтА – 2085 мг/100 г абсолютно сухой массы. Средние значения содержания железа в семенах по фактору А: Брянская 11 (St) – 3,6 мг/100 г, Hidaka – 5,15 мг/100 г, А – 4,57 мг/100 г и F – 5,45 мг/100 г; по фактору В: контроль – 4,33 мг/100 г, Оптимайз 400 – 4,83 мг/100 г и БиоБеСтА – 4,92 мг/100 г абсолютно сухой массы. Средние значения содержания цинка в семенах по фактору А: Брянская 11 (St) – 2,3 мг/100 г, Hidaka – 2,8 мг/100 г, А – 3,13 мг/100 г и F – 2,03 мг/100 г; по фактору В: контроль – 2,07 мг/100 г, Оптимайз 400 – 2,56 мг/100 г и БиоБеСтА – 3,05 мг/100 г абсолютно сухой массы.

Результаты дисперсионного анализа (приложение X) показали, что основным фактором, определяющим содержание калия в семенах сои овощной в фазе технической спелости (усреднённые данные за 2022–2024 гг.),

является генотипическая принадлежность (сорта и сортообразцы): её вклад в общую вариацию признака составил 54 %. Влияние инокуляции оказалось существенным, но меньшим – 36 %, при этом реакция генотипов на инокуляцию варьировала, о чём свидетельствует вклад взаимодействия на уровне 9 %. Доля вариации, обусловленная повторностями – 1 %. Поэтому, в отличие от фосфора, содержание калия в большей степени модулируется внешними факторами (инокуляцией), что указывает на различия в механизмах регуляции усвоения данных элементов. Случайная ошибка опыта была минимальной ($<1\%$), что свидетельствует о высокой точности и воспроизводимости проведённых исследований.

По результатам дисперсионного анализа (приложение X) установлено статистически достоверное влияние как генотипического фактора (сорта и сортообразцы) ($F_{\text{факт.}} = 20862,43 > F_{\text{табл.}} = 3,05$), так и инокуляции ($F_{\text{факт.}} = 20682,92 > F_{\text{табл.}} = 3,44$) на содержание калия в семенах сои овощной в фазе технической спелости. Различия между выборочными средними по обоим факторам подтверждены на уровне статистической значимости. Эффект взаимодействия «генотип $\times$ инокулянт» также оказался статистически значимым ($F_{\text{факт.}} = 1763,76 > F_{\text{табл.}} = 2,55$), что свидетельствует о зависимости реакции сортов на предпосевную обработку семян. Низкий уровень ошибки опыта (3,4 %) указывает на вполне удовлетворительную точность и воспроизводимость полученных результатов.

Сравнение средних значений содержания калия в семенах сои овощной в фазе технической спелости (табл. 11) при $НСР_{05} = 3,38$ мг/100 г абсолютно сухого вещества выявило, что максимальный показатель (2190 мг/100 г) достигнут при инокуляции сорта Hidaka биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т). Данное значение достоверно превышает контроль (сорт Брянская 11, без обработки – 1860 мг/100 г) на 330 мг/100 г, или на 17,7 %. Высокие результаты также получены при применении на этом же сорте микробиологического удобрения БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) – 2160 мг/100 г (превышение над контролем

на 300 мг/100 г, или 16,1 %). В остальных вариантах опыта содержание калия статистически значимо превышало контроль на 10–250 мг/100 г (0,5–13,4 %).

Сравнение средних значений содержания калия по фактору А (генотип) при $НСР_{05} = 1,95$ мг/100 г абсолютно сухого вещества выявило, что лидирующее положение занимал сорт Hidaka (2143 мг/100 г). Данный показатель достоверно превышал значение стандарта Брянская 11 (1980 мг/100 г) на 163 мг/100 г, или на 8,2 %. Сортообразец F также достоверно превышал стандартный показатель, составив 1990 мг/100 г (превышение на 10 мг/100 г, или 0,5 %). Сортообразец А по данному показателю достоверно уступал стандарту на 63 мг/100 г, или на 3,2 %, с результатом 1917 мг/100 г.

Результаты дисперсионного анализа подтвердили статистически достоверное влияние инокулянтов (фактор В) на содержание калия в семенах сои овощной в фазе технической спелости ($НСР_{05} = 1,69$ мг/100 г абсолютно сухого вещества). Максимальное содержание калия (2085 мг/100 г) достигнуто при предпосевной обработке семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что достоверно превышало контроль (без инокуляции) на 165 мг/100 г, или на 8,6 %. Применение биопрепарата Оптимаиз 400, РК (1,8 л/т) также обеспечило статистически значимое повышение показателя до 2017 мг/100 г (превышение над контролем на 97 мг/100 г, или на 5,0 %). Контрольный вариант (без инокуляции) характеризовался содержанием калия на уровне 1920 мг/100 г.

Дисперсионный анализ содержания железа в семенах овощной сои в фазе технической спелости (усреднённые данные 2022–2024 гг., приложение У) выявил доминирующую роль генотипической изменчивости: сортовой фактор обусловил 86 % общей дисперсии, что подтверждает высокую наследственную детерминированность признака. Влияние предпосевной инокуляции оказалось умеренным (11 %). Взаимодействие факторов и остаточная ошибка составили 0 %, вариация от повторностей – 3 %. По степени зависимости от внешних воздействий аккумуляция железа занимает промежуточное положение: она менее жёстко детерминирована генотипом,

чем фосфор (86 % против 97 %), но и слабее реагирует на инокуляцию, чем калий (11 % против 36 %).

Дисперсионный анализ (приложение Y) подтвердил достоверное влияние сортов и сортообразцов ($F_{\text{факт.}} = 8255,68 > F_{\text{табл.}} = 3,05$) и предпосевной инокуляции ($F_{\text{факт.}} = 1677,96 > F_{\text{табл.}} = 3,44$) на содержание железа в семенах овощной сои в фазе технической спелости. Различия средних значений статистически значимы, что указывает на реальное воздействие обоих факторов на аккумуляцию микроэлемента. Взаимодействие «сорт × инокулянт» также достоверно ($F_{\text{факт.}} = 101,78 > F_{\text{табл.}} = 2,55$), свидетельствуя о генотип-специфичном характере ответа на биологическую стимуляцию. Минимальная доля случайной ошибки (0,4 %) подтверждает высокую воспроизводимость опыта и надёжность интерпретации. Поэтому, управление уровнем железа в семенах требует приоритетного подбора генотипа, однако дополнительный резерв (11 % вариации) может быть реализован через инокуляцию с учётом выявленного специфического взаимодействия.

Сравнительный анализ средних значений содержания железа в семенах овощной сои фазы технической спелости (табл. 11) при $НСР_{05} = 0,24$ мг/100 г сухого вещества показал, что максимальный уровень (5,7 мг/100 г) достигнут у сортообразца F при обработке микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т). Данный показатель достоверно превышает контроль (Брянская 11, без инокуляции – 3,14 мг/100 г) на 2,56 мг/100 г (81,5 %). В остальных комбинациях «сорт × препарат» зафиксировано статистически значимое повышение содержания железа в диапазоне 0,67–2,26 мг/100 г (21,3–72,0 %), что подтверждает устойчивую положительную динамику влияния биологической стимуляции на аккумуляцию данного микроэлемента.

Анализ средних значений по фактору «сорт и сортообразец» ($НСР_{05} = 0,33$ мг/100 г сухого вещества) выявил выраженную межсортовую дифференциацию по содержанию железа в семенах овощной сои фазы технической спелости. Максимальный уровень аккумуляции микроэлемента зафиксирован у сортообразца F (5,45 мг/100 г), достоверно превосходящего

стандарт Брянская 11 (3,6 мг/100 г) на 1,85 мг/100 г (51,4 %). Статистически значимое превышение контрольного показателя также отмечено у сорта Hidaka (5,15 мг/100 г; 43,0 %) и сортообразца А (4,57 мг/100 г; 26,9 %).

Дисперсионный анализ выявил достоверное влияние биопрепарата и микробиологического удобрения (фактор В) на содержание железа в семенах овощной сои фазы технической спелости ($НСП_{05} = 0,22$ мг/100 г сухого вещества). Максимальное содержание железа (4,92 мг/100 г) достигнуто при инокуляции микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что достоверно превышало контроль (без обработки) на 0,59 мг/100 г, или на 13,6 %. Применение биопрепарата Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) также обеспечило статистически значимое повышение показателя до 4,83 мг/100 г (превышение над контролем на 0,5 мг/100 г, или на 11,5 %).

Результаты дисперсионного анализа содержания цинка в семенах сои овощной в фазе технической спелости (усреднённые данные за 2022–2024 гг., приложение Z) показали, что вариация признака определялась преимущественно генотипическим фактором (сорта и сортообразцы) и инокуляцией, вклад которых составил 51 и 45 % соответственно. Это свидетельствует о том, что накопление цинка в семенах в значительной степени контролируется как генетическими особенностями генотипов, так и применением биопрепарата и микробиологического удобрения. Эффекты взаимодействия «генотип × инокулянт» были минимальны (0 %), доля вариации, обусловленная повторностями, составила 1 %, а случайная ошибка опыта – 3 %. Поэтому, в отличие от фосфора и железа, где доминирует генетический контроль, накопление цинка в семенах сои овощной в равной степени зависит от генотипа и инокуляции. Это открывает широкие возможности для целенаправленного повышения содержания цинка через комбинированный подбор сортов и инокулянтов.

По результатам дисперсионного анализа (приложение Z) установлено статистически достоверное влияние как генотипического фактора (сорта и сортообразцы) ($F_{\text{факт.}} = 2783,04 > F_{\text{табл.}} = 3,05$), так и инокуляции ($F_{\text{факт.}} = 3656,91$

$> F_{\text{табл.}} = 3,44$) на содержание цинка в семенах сои в фазе технической спелости. Различия между выборочными средними по обоим факторам подтверждены на уровне статистической значимости, что свидетельствует о реальном влиянии генотипической принадлежности и предпосевной обработки семян на накопление цинка. При этом эффект взаимодействия «генотип $\times$ инокулянт» оказался статистически незначимым ($F_{\text{факт.}} = 0,07 < F_{\text{табл.}} = 2,55$), что указывает на отсутствие специфической реакции отдельных генотипов на инокулянты. Низкий уровень ошибки опыта (0,8 %) свидетельствует о высокой точности планирования и воспроизводимости исследований.

Сравнение средних значений содержания цинка в семенах сои овощной в фазе технической спелости (табл. 11) при $НСР_{05} = 0,25$ мг/100 г абсолютно сухого вещества выявило, что максимальный показатель (3,62 мг/100 г) достигнут при инокуляции сортообразца А микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т). Данное значение достоверно превышало контроль (сорт Брянская 11, без обработки – 1,81 мг/100 г) на 1,81 мг/100 г, или в 2,0 раза. В большинстве остальных сочетаний «генотип $\times$ инокулянт» содержание цинка статистически значимо превышало контроль на 0,49–1,48 мг/100 г (27,1–81,8 %). При обработке сортообразца F биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) содержание цинка составило 2,03 мг/100 г, что хотя и выше общего контроля, но не достигло порога статистической значимости (разница 0,22 мг/100 г $< НСР_{05} = 0,25$ мг/100 г). Собственный контрольный вариант сортообразца F (без инокуляции) достоверно уступал стандарту (Брянская 11) на 0,27 мг/100 г, или на 14,9 %, составив 1,54 мг/100 г.

Сравнение средних значений содержания цинка по фактору А (генотип) при $НСР_{05} = 0,33$ мг/100 г абсолютно сухого вещества выявило существенную дифференциацию изучаемых сортов и сортообразцов по способности к накоплению цинка в семенах сои в фазе технической спелости. Наибольший показатель характерен для сортообразца А (3,13 мг/100 г), что достоверно превышает уровень стандарта Брянская 11 (2,30 мг/100 г) на 0,83 мг/100 г, или на 36,1 %. Сорт Hidaka (2,80 мг/100 г) также достоверно превышал

стандартный показатель: превышение составило 0,5 мг/100 г, или 21,7 %. Сортообразец F имел более низкое значение (2,03 мг/100 г), однако различия со стандартом (0,27 мг/100 г, или 11,7 %) не достигла порога статистической значимости (разница меньше $НСР_{05} = 0,33$ мг/100 г).

Результаты дисперсионного анализа подтвердили статистически достоверное влияние биопрепарата и микробиологического удобрения (фактор В) на содержание цинка в семенах сои в фазе технической спелости ($НСР_{05} = 0,32$ мг/100 г абсолютно сухого вещества). Максимальное содержание цинка (3,05 мг/100 г) достигнуто при инокуляции микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что достоверно превышало контроль (без обработки) на 0,98 мг/100 г, или на 47,3 %. Применение биопрепарата Оптимайз 400, РК (1,8 л/т) также обеспечило статистически значимое повышение показателя до 2,56 мг/100 г (превышение над контролем на 0,49 мг/100 г, или на 23,7 %).

Таким образом, микробиологическое удобрение БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) стабильно обеспечивало наибольшую эффективность для всех четырёх изученных элементов. При этом относительный отклик наиболее выражен для цинка (47,3 %) и железа (13,6 %), что указывает на высокий потенциал данного инокулянта для целенаправленной биофортификации семян сои овощной микроэлементами.

ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА СЕМЯН СОИ ОВОЩНОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНОТИПА И ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Ключевыми детерминантами экономической эффективности производства семян овощной сои выступают генотип сорта и предпосевная инокуляция. Данные факторы оказывают прямое влияние на потенциальную урожайность, качественные показатели (содержание белка) и, как следствие, на итоговую рентабельность культуры (Манылова О. В. и др., 2020).

Генотип определяет урожайность и качество семян, однако внутрисортная изменчивость сохраняется даже в однородных условиях. Продуктивность зависит от высоты, ветвления и числа бобов. Для Центрального Нечернозёмья на дерново–подзолистых почвах рекомендованы детерминантные и полудетерминантные сорта северного экотипа; недетерминантные для зерна неэффективны. Необходима селекция на засухоустойчивость, так как химический состав и белковость варьируют в зависимости от климата (Вершинин А. Н., 2012; Попова Н. П., 2009).

Инокуляция семян ризобиями повышает урожайность сои и снижает затраты на азотные удобрения, обеспечивая растения доступным азотом в критические фазы (бутонизация, налив бобов). Однако эффективность технологии зависит от комплекса условий: качества обработки, свойств почвы ($\text{pH} \geq 5$, состав), погодных факторов и совместимости штамма с генотипом сорта. Для максимизации результата необходим подбор оптимальных штаммов микроорганизмов под конкретные сорта сои (Дубинкина Е. А. и др., 2023).

Стоимость инокулянтов варьируется при сопоставимых затратах на внесение. Продуктивность зависит от биопрепарата и микробиологического удобрения, однако эффективность нельзя оценивать исключительно по прибавке урожая или цене инокулянта. Ключевыми критериями являются себестоимость единицы продукции, совокупные затраты на 1 га и рентабельность. Биологическая эффективность не всегда коррелирует с экономической: вариант

с меньшей урожайностью может обеспечить более высокую рентабельность, тогда как лидер по биологии может проигрывать по прибыли.

Экономическую эффективность возделывания сортов и сортообразцов сои овощной в сочетании с различными инокулянтами оценивали в средних ценах за 2022–2024 гг. Норма высева составляла 0,3 млн всхожих семян/га, что в весовом выражении соответствовало: Брянская 11 (St) – 50 кг/га, Hidaka – 82,8 кг/га, А – 112 кг/га, F – 100 кг/га. В расчёт затрат включали доставку инокулянтов (10 % от стоимости) и предпосевную обработку семян (12 %). Базовые производственные затраты в контроле составили 383000 руб./га.

Использовали два инокулянта: биопрепарат Оптимайз 400 (эталон), РК (норма 1,8 л/т) и микробиологическое удобрение БиоБеСтА, Ж (норма 1,0 л/т). Расход инокулянтов на 1 га варьировал в зависимости от весовой нормы высева сортов и сортообразцов сои и нормы применения биопрепарата и микробиологического удобрения. В результате: расход биопрепарата Оптимайз 400, РК составил: у сорта Брянская 11 (St) – 0,09 л/га, у сорта Hidaka – 0,15 л/га, у сортообразца А – 0,2 л/га и у сортообразца F – 0,18 л/га при цене за 1 л – 120000 руб. Расход микробиологического удобрения БиоБеСтА, Ж составил: у сорта Брянская 11 (St) – 0,05 л/га, у сорта Hidaka – 0,08 л/га, у сортообразца А – 0,11 л/га и у сортообразца F – 0,1 л/га при цене за 1 л – 30000 руб.

Цена за 1 кг семян сои: Брянская 11 (St) – 400 руб., Hidaka – 600 руб., А – 500 руб. и F – 500 руб. Стоимость семян с учётом нормы высева: Брянская 11 (St) – 20000 руб./га, Hidaka – 49680 руб./га, А – 56000 руб./га и F – 50000 руб./га.

В таблице 12 представлены расчёты затрат на приобретение, транспортировку и инокуляцию семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, а также на уборку дополнительной продукции сои.

Максимальные дополнительные затраты (закупка, обработка семян и уборка) составили 29594 руб./га в варианте с инокуляцией сортообразца А биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т). Минимальные затраты (2269 руб./га) зафиксированы при обработке сорта Брянская 11 (St) удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что на 27325 руб./га меньше наибольшего значения.

Таблица 12. Расчет дополнительных затрат, связанных с применением биологического препарата и микробиологического удобрения, руб./га (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец	Наименование биопрепарата и микробиологического удобрения	Прибавка урожая, т/га	Стоимость биопрепарата и микробиологического удобрения, руб./га	Затраты на доставку, руб.	Затраты на предпосевную обработку семян, руб./га	Затраты на уборку дополнительной продукции, руб./га	Итого затрат, руб./га
Брянская 11 (St)	Оптимайз 400, РК	0,21	10800	1080	1296	188	13364
	БиоБеСтА, Ж	0,49	1500	150	180	439	2269
Hidaka	Оптимайз 400, РК	0,5	18000	1800	2160	448	22408
	БиоБеСтА, Ж	0,81	2400	240	288	726	3654
А	Оптимайз 400, РК	0,35	24000	2400	2880	314	29594
	БиоБеСтА, Ж	0,73	3300	330	396	654	4680
F	Оптимайз 400, РК	0,37	21600	2160	2592	331	26683
	БиоБеСтА, Ж	0,62	3000	300	360	555	4215

Таблица 13. Экономическая оценка выращивания сортов и сортообразцов сои овощной в зависимости от применения биопрепарата и микробиологического удобрения (среднее за 2022–2024 гг)

Показатель	Сорт, сортообразец											
	Брянская 11 (St)			Hidaka			А			F		
	Биопрепарат, микробиологическое удобрение											
	Контроль	Оптимайз 400	БиоБеСтА	Контроль	Оптимайз 400	БиоБеСтА	Контроль	Оптимайз 400	БиоБеСтА	Контроль	Оптимайз 400	БиоБеСтА
Урожайность, т/га	3,29	3,5	3,78	3,39	3,89	4,2	3,96	4,31	4,69	3,74	4,11	4,36
Затраты средств на 1 га, руб.	383000	396364	385269	412680	435088	416334	419000	447594	423680	413000	439683	417215
Цена реализации 1 т, руб.	190000	190000	190000	190000	190000	190000	190000	190000	190000	190000	190000	190000
Себестоимость 1 т, руб.	116413	113247	101923	121734	111848	99127	105808	103850	90337	110428	106979	95691
Расчетная прибыль, руб. на:												
1 т	73587	76753	88077	68266	78152	90873	84192	86150	99663	79572	83021	94309
1 га	242101	268635	332931	231422	304011	381667	333400	371306	467419	297599	341216	411187
Уровень рентабельности, %	63	68	86	56	70	92	80	83	110	72	78	98

Согласно таблице 13, максимальные затраты на 1 га (447594 руб.) отмечались при выращивании сортообразца А с предпосевной обработкой семян биопрепаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т), что на 64594 руб. (16,9 %) выше контроля – сорта Брянская 11 (St) без обработки семян.

Минимальная себестоимость 1 т семян сои овощной (90337 руб.) достигнута при обработке семян биопрепаратом БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) и выращивании сортообразца А – на 31397 руб. (25,8 %) ниже максимального значения (сорт Нидака без обработки семян). Контрольный вариант (Брянская 11 без обработки) составил 116413 руб./т. Также низкую себестоимость показал сортообразец F с предпосевной обработкой семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА – 95691 руб./т, что на 20722 руб. (17,8 %) ниже контроля.

Максимальная расчетная прибыль с 1 т семян сои (99663 руб.) получена при выращивании сортообразца А с предпосевной обработкой семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что на 26076 руб. (35,4 %) выше контроля (Брянская 11 без обработки). Высокую прибыль также показал сортообразец F с той же обработкой – 94309 руб./т, превысив контроль на 20722 руб. (28,2 %).

Наибольшая расчетная прибыль на 1 га при возделывании сои обеспечивалась в варианте обработке семян перед посевом микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) у сортообразца А – 467419 руб., что было выше, чем в контрольном варианте без обработки семян у стандарта Брянская 11 на 225318 руб. или 93,1 %. Также высокая прибыль обеспечивалась у сортообразца F с обработкой семян этим же инокулянтом – 411187 руб., что было выше контроля на 169086 руб. или 69,8 %.

Максимальный уровень рентабельности (110 %) достигнут при выращивании сортообразца А с предпосевной обработкой семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т), что на 47 % выше контроля (Брянская 11 без обработки – 63 %). Сортообразец F с той же обработкой показал рентабельность 98 %, превысив контроль на 35 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Флуоресцентный анализ выявил сортоспецифичные биохимические профили, коррелирующие с окраской семян, что позволяет эффективно проводить фенотипирование и оценку пищевой ценности сои овощной; полученные данные подтверждают ключевую роль фенольных соединений в механизмах устойчивости к абиотическим стрессам и патогенам.

2. Полное отсутствие клубеньков в контрольном варианте у всех изученных генотипов свидетельствует о дефиците эффективных местных штаммов *Bradyrhizobium japonicum* в почвах исследуемого агроценоза. Это подтверждает, что естественная нодуляция не обеспечивает потребности культуры в биологическом азоте, вследствие чего предпосевная инокуляция семян является не рекомендательным, а обязательным агротехническим приёмом для возделывания сои овощной в Нечернозёмной зоне РФ.

3. Микробиологическое удобрение БиоБеСтА, Ж (*Sinorhizobium fredii*, 1,0 л/т) достоверно превзошло эталон Оптимайз 400, РК (*Bradyrhizobium japonicum*, 1,8 л/т) по активации симбиоза на 21,1–27,7 % (НСР₀₅ = 8,18 %): максимальная нодуляция достигнута у сортообразца А (34,2 клубенька на растение, активность 97,8 %), высокие показатели также у F (32,0 шт.) и Hidaka (31,8 шт.), тогда как биопрепарат Оптимайз 400, РК обеспечил лишь 20,1–22,3 шт. при полном отсутствии клубеньков в контроле; перспективные генотипы (А, F, Hidaka) были на 8,3–29,7 % ниже стандарта Брянская 11, что характеризует их как низкорослые, устойчивые к полеганию формы, максимально реализующие симбиотический потенциал именно при инокуляции штаммом *Sinorhizobium fredii*.

4. Предпосевная обработка семян сои овощной, особенно микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (*Sinorhizobium fredii*, 1,0 л/т), достоверно улучшала морфоструктуру растений: максимальная площадь листьев (1455 см², выше контроля на 27,3 %) и толщина стебля (10,89 мм, выше контроля на 28,6 %) сформированы у сортообразцов F и А, длина главного корня увеличена на 31,2–33,8 %. Перспективные генотипы (А, F, Hidaka) на

8,3–29,7 % ниже стандарта Брянская 11, что повышало их устойчивость к полеганию и пластичность к инокулянтам, тогда как стандарт обеспечивал генетическую стабильность, но меньшую отзывчивость. Эталонный биопрепарат Оптимаиз 400, РК оказал умеренное влияние (13,4–20,9 % по площади листьев, 16,7–17,7 % по длине корней).

5. Инокуляция оказала разнонаправленное влияние на формирование репродуктивных органов сои: число боковых побегов достигло 4,04 шт. (выше контроля на 23,2 %), продуктивных узлов – 28,5 шт. (выше контроля на 17,4 %) при обработке биопрепаратом Оптимаиз 400, РК, тогда как количество бобов осталось стабильным, достоверно снизившись лишь у слабоадаптивного сорта Hidaka на 7,2–7,9 %; вегетационный период составил 74–81 суток (среднеранняя спелость), за исключением комбинации Hidaka + БиоБеСтА, Ж (83 суток, выше контроля на 9,2 %), что требует корректировки сроков уборки в условиях короткого лета Нечернозёмной зоны.

6. Предпосевная обработка семян сои овощной переориентировала ассимилянты на качество: максимальная масса семян с растения достигнута у сортообразца F с микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (14,35 г, выше контроля на 35,1 %), крупность (M_{1000}) – у сортообразца А с тем же удобрением (169,3 г, выше контроля на 48,8 %); биопрепарат Оптимаиз 400, РК показал умеренный эффект (выше контроля на 19,3–41,7 %). Количество семян с растения у перспективных генотипов снизилось на 5,6–12,2 %, что подтверждает стратегию «качество вместо количества». Максимальное число семян в бобе (3,01 шт., выше контроля на 8,7 %) сформировано у стандарта Брянская 11 с биопрепаратом Оптимаиз 400, РК, тогда как микробиологическое удобрение БиоБеСтА, Ж обеспечило снижение на 0,24–0,32 шт. в бобе у генотипов А, F, Hidaka, что указывает на специфическую совместимость штаммов с сортами.

7. Предпосевная инокуляция достоверно повысила урожайность сои овощной: максимум достигнут у сортообразца А с микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (4,69 т/га, превышение 42,5 % к контролю 3,29 т/га); сортообразец F с тем же удобрением обеспечил 4,36 т/га (выше контроля на

32,5 %). Перспективные генотипы (А, F, Hidaka) превзошли стандарт Брянская 11 на 8,8–22,7 %. Наибольший относительный эффект инокуляция дала у исходно менее продуктивных форм (сортообразец F: выше контроля на 32,5 % при обработке), что подтверждает обязательность инокуляции для полной реализации потенциала новых генотипов в условиях Нечернозёмной зоны.

8. Предпосевная обработка семян, особенно микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (*Sinorhizobium fredii*, 1,0 л/т), достоверно улучшала биохимический профиль: содержание воды (8,8 г/100 г, выше контроля на 41,9 %) и белка (37,1–37,2 г/100 г, выше контроля на 12,1–12,4 %) достигало максимума у сортообразцов А и F. Наблюдалось метаболическое переключение: жир снизился у перспективных генотипов на 2,9–16,4 %, но вырос у стандарта Брянская 11 на 7,9–12,1 %. Аккумуляция минералов усилилась: зольность выше контроля на 30,4–130 % (5,3 г/100 г), фосфор выше контроля на 4,1–40,4 % (2050 мг/100 г), железо выше контроля на 21,3–81,5 % (5,7 мг/100 г), цинк выше контроля до 100 % (3,62 мг/100 г). Микробиологическое удобрение БиоБеСтА, Ж превзошло эталон Оптимаиз 400, РК (*Bradyrhizobium japonicum*, 1,8 л/т) по ключевым показателям при меньшей норме расхода, а выраженная генотипическая дифференциация подтверждает необходимость подбора инокулянта под конкретный сорт.

9. Инокуляция повысила рентабельность за счёт оптимизации соотношения «затраты – урожайность – качество»: при максимальных издержках в варианте А + Оптимаиз 400, РК (447594 руб./га, выше контроля на 16,9 %), наилучшие результаты обеспечила комбинация А + БиоБеСтА, Ж – минимальная себестоимость (90337 руб./т, ниже контроля на 22,4 %), максимальная прибыль (467419 руб./т, выше контроля на 93,1 %) и рентабельность (110 %, выше контроля на 47 %). Сортообразец F с микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж также эффективен: себестоимость 95691 руб./т (ниже контроля на 17,8 %), прибыль 411187 руб./га (выше контроля на 69,8 %), рентабельность 98 % (выше контроля на 35 %).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В системе земледелия Центрального района Нечернозёмной зоны РФ, характеризующейся дефицитом местных эффективных штаммов ризобий, критически важным элементом ресурсосберегающей технологии возделывания сои овощной является регламентированная предпосевная обработка семян. Внедрение данного агротехнического приема в технологические карты позволит компенсировать низкую естественную нодуляционную активность почв, оптимизировать азотный режим почвы и обеспечить реализацию генетического потенциала урожайности без увеличения антропогенной нагрузки.

2. Для оптимизации затрат и повышения энергетической эффективности производства сои овощной рекомендуется дифференцированный подход к выбору биопрепарата и микробиологического удобрения. Для большинства сортов и сортообразцов наиболее эффективным является применение микробиологического удобрения БиоБеСтА, Ж (*Sinorhizobium fredii*) в норме 1,0 л/т. Использование данного инокулянта в системе питания растений обеспечивает прибавку урожайности на уровне 32–43 %, снижение себестоимости единицы продукции на 12,4–22,4 % и обладает высокой технологичностью применения благодаря сниженной норме расхода.

3. С целью интенсификации производства и стабилизации валовых сборов в зональных системах земледелия, к внедрению рекомендуются сортообразцы F и A, обладающие высокой отзывчивостью на биологизацию технологии. Предпосевная обработка семян микробиологическим удобрением БиоБеСтА, Ж (1,0 л/т) обеспечивает стабильную урожайность изучаемых сортообразцов на уровне 4,36–4,69 т/га. Экономическая эффективность возделывания подтверждается чистой прибылью 411187–467419 руб./га и рентабельностью производства 98–110 %. На основании полученных данных указанные сортообразцы рекомендуются к внедрению в адаптивные агротехнологии.

4. Для оптимизации посевных и товарных качеств семян стандарта Брянская 11 рекомендуется предпосевная инокуляция биопрепаратом Оптимайз 400, РК (*Bradyrhizobium japonicum*, 1,8 л/т). Сорт Hidaka целесообразно возделывать в специализированных технологиях, ориентированных на выпуск функционального сырья с повышенной концентрацией минеральных компонентов. Такая дифференциация технологических операций позволяет максимально реализовать потенциал каждого генотипа в конкретных почвенно–климатических условиях.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В перспективе результаты исследования послужат основой для апробации комбинаций «генотип × инокулянт» в почвенно–климатических подзонах Нечернозёмной зоны РФ с целью разработки дифференцированных систем агротехнических мероприятий; продолжения производственного сортоиспытания перспективных сортообразцов А и F на стабильность, экологическую пластичность и подготовку предложений по их районированию в качестве компонентов адаптивных агротехнологий; разработки элементов ресурсосберегающей технологии, включающих комплексное управление факторами (инокуляция, минеральное питание – Р, Мо, регулирование сроков сева), с целью выявления оптимальных агроэкологических параметров для формирования заданного уровня урожайности и качества продукции; организации долгосрочного мониторинга влияния систематического применения биопрепаратов на биологическую активность почв, баланс органического вещества и биогенного азота в севообороте для научного обоснования экологически безопасных и почвосберегающих систем земледелия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абаев, А. А. Влияние биопрепаратов на продуктивность сои / А. А. Абаев, А. А. Завалин // *Агрохимический вестник*. – 2007. – № 6. – С. 24–27. – EDN MUKETT.
2. Анализ состава семян овощной сои с применением метода автофлуоресценции и тандемной масс–спектрометрии / Ю. Н. Зинченко, Ф. Э. Мульо Панолуиса, В. А. Кузнецова [и др.] // *Plantae & Fungi: Сборник тезисов III молодёжной всероссийской научной конференции с международным участием*, Владивосток, 25–29 сентября 2023 года. – Владивосток: Ботанический сад–институт Дальневосточного отделения РАН, 2023. – С. 47–48. – EDN VWKYTV.
3. Афонин, Н. М. Оценка эффективности инокулянтов семян сои / Н. М. Афонин, А. В. Жегульская // *Наука и Образование*. – 2023. – Т. 6, № 1. – EDN TCEGJP.
4. Беккер, Х. Селекция растений / Х. Беккер; пер. с нем. В. И. Леунова; под ред. В. И. Леунова и Г. Ф. Монахоса. – М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2015. – 425 с. – ISBN 978–5–9906564–8–2.
5. Бойко, Е. Ю. Тенденции научного обеспечения производства сои в России / Е. Ю. Бойко // *Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных и других технических культур: Сборник материалов 10–й всероссийской конференции с международным участием молодых учёных и специалистов*, Краснодар, 26–28 февраля 2019 года. – Краснодар: Всероссийский научно–исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта, 2019. – С. 22–27. – EDN TFQGPL.
6. Вершинин, А. Н. Изменчивость признаков продуктивности растений сои и анализ их наследования: специальность 06.01.05 "Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Вершинин Александр Николаевич. – п. Рассвет, 2012. – 21 с. – EDN QICKHV.

7. Вишнякова, М. А. Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий / М. А. Вишнякова, И. В. Сеферова, М. Г. Самсонова // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52, № 5. – С. 905–916. – DOI 10.15389/agrobiology.2017.5.905rus. – EDN ZRXNYH.

8. Влияние биопрепарата "Елена" на урожайность и продуктивность растений сои / А. Я. Барчукова, Т. Ф. Бойко, О. Н. Логинов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 19. – С. 81–83. – EDN KVLNQD.

9. Влияние различных штаммов *Rhizobium japonicum* (Kircher) Buchanan на урожайность сои / Р. Д. Магомедов, Н. Г. Цехмейструк, В. А. Шелякин [и др.] // Масличные культуры. Научно–технический бюллетень Всероссийского научно–исследовательского института масличных культур. – 2011. – № 2 (148–149). – С. 159–162. – EDN PBMKER.

10. Влияние эндофитных бактерий на эффективность азотфиксирующего симбиоза у различных сортов сои / Д. Р. Сафина, А. И. Ярмиева, Г. Х. Шаймуллина [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 4 (72). – С. 36–41. – DOI 10.18286/1816–4501–2025–4–36–41. – EDN HENQND.

11. Галиченко, А. П. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои / А. П. Галиченко, Е. М. Фокина // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 7 (222). – С. 16–25. – DOI 10.32417/1997–4868–2022–222–07–16–25. – EDN TCEGIW.

12. Генетика культурных растений: зернобобовые, овощные, бахчевые / Т. С. Фадеева, Р. Х. Макашева, В. В. Хангильдин и др.; Под общ. руководством В. И. Кривченко; Под ред. Т. С. Фадеевой, В. И. Буренина; ВАСХНИЛ. – Ленинград: Агропромиздат, Ленингр. отд–ние, 1990. – 286 с. – ISBN 5–10–002052–0.

13. Гладаренко, П. А. Анализ биологической полноценности соевого белка и белка животного происхождения / П. А. Гладаренко, В. Р. Копырина // Стратегические ресурсы Тюменского АПК: люди, наука, технологии: Сборник

LVII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 12 марта 2024 года. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2024. – С. 121-125. – EDN LLYNNV.

14. Доморощенкова, М. Л. Некоторые аспекты производства и формирования рынка соевых белков на современном этапе / М. Л. Доморощенкова, Л. Н. Лишаева // Пищевая промышленность. – 2010. – № 2. – С. 32–39. – EDN KYQLZX.

15. Дубинкина, Е. А. Изучение обработки семян и растений сои инокулянтами и микробиологическими удобрениями в Центральном Черноземье / Е. А. Дубинкина, А. В. Шабалкин, М. Р. Макаров // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 1(45). – С. 50–58. – DOI 10.24412/2309–348X–2023–1–50–58. – EDN PVCUYR.

16. Дырда, С. В. Экономическая эффективность выращивания сои в современных условиях / С. В. Дырда, В. В. Мальцева, Н. Н. Серая // Форум молодых ученых. – 2018. – № 12–2 (28). – С. 437–441. – EDN PBUCWA.

17. Зеленцов, С. В. Методические основы селекционного процесса у сои и его улучшающие модификации во ВНИИМК (обзор) / С. В. Зеленцов // Масличные культуры. – 2020. – № 2 (182). – С. 128–143. – DOI 10.25230/2412–608X–2020–2–182–128–143. – EDN QZXUYV.

18. Зеленцов, С. В. Современное состояние систематики культурной сои *Glycine max* (L.) Merrill / С. В. Зеленцов, А. В. Кочегура // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2006. – № 1 (134). – С. 34–48. – EDN JXJZAD.

19. Зеленцов, С. В. Современные аспекты селекционно-генетического улучшения сои: специальность 06.01.05 "Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Зеленцов Сергей Викторович. – Краснодар, 2005. – 50 с. – EDN ZMKNBX.

20. Зеленцов, С. В. Усовершенствованная классификация типов роста сои / С. В. Зеленцов, А. С. Лучинский // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2011. – № 2 (148–149). – С. 88–94. – EDN PBMJZR.

21. Зубарева, К. Ю. Влияние биопрепаратов на начальные ростовые процессы семян сои / К. Ю. Зубарева, Е. Г. Прудникова // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 5 (86). – С. 33–38. – DOI 10.17238/issn2587–666X.2020.5.33. – EDN JFODBQ.

22. Ибрагимова, В. И. Экономическая эффективность выращивания сои в современных условиях / В. И. Ибрагимова // Молодой ученый. – 2017. – № 1(135). – С. 176–178. – EDN UZPEJX.

23. Изменение биохимического состава зерна сои *Glycine max* и *Glycine soja* при длительном хранении в разных условиях / Г. С. Вискварка, Е. А. Семенова, О. А. Селихова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2015. – № 2 (35). – С. 12–17. – EDN UAPSKL.

24. Изучение изменчивости количественных признаков у овощных и зерновых форм сои в условиях Центральной части Нечернозёмной зоны / Д. Р. Шафигуллин, М. С. Гинс, Е. В. Романова и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 2 (22). – С. 16–23. – EDN YRWOYD.

25. Инокулянт Ризолайн®-Р // БТУ-центр. URL: <https://btu-center.com/ru/promisloviy-sektor/rastenievodstvo/b-o-nokulyanti/bioinokulyant-rizolayn-r-bioprotektor-rizoseyv-r/>. (дата обращения: 24.03.2023).

26. Исследование переработки соевого масла и использование его при производстве маргарина / Ш. Д. Салиджанова, А. Т. Рузибаев, М. Н. к. Ботирова [и др.] // Universum: технические науки. – 2018. – № 12 (57). – С. 67–72. – EDN VPEAHW.

27. Кайгородова, И. М. Изучение перспективных образцов гороха овощного как генетических источников в селекции на качество и

продуктивность / И. М. Кайгородова, Е. П. Пронина, О. Н. Пышная // Овощи России. – 2013. – № 1 (18). – С. 30–34. – EDN QCSJHNMN.

28. Ким, В. В. Пищевая ценность овощной сои и технология её возделывания в Узбекистане / В. В. Ким // Приоритетные направления развития современной науки молодых учёных аграриев: материалы V международной научно-практической конференции молодых учёных, посвящённые 25-летию ФГБНУ "Прикаспийский НИИ аридного земледелия", с. Соленое Займище, 11–13 мая 2016 года. – с. Соленое Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2016. – С. 276–279. – EDN XCPAYP.

29. Лёвкина, О. В. Оценка конкурентоспособности соевого шрота при использовании его в рационах различных видов сельскохозяйственных животных и птицы / О. В. Левкина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 28–33. – EDN ZDONUD.

30. Лысиков, Ю. А. Аминокислоты в питании человека / Ю. А. Лысиков // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2012. – № 2. – С. 88–105. – EDN TBJPRX.

31. Манылова, О. В. Экономическая эффективность предпосевной обработки семян сои ризобияльными препаратами / О. В. Манылова, С. В. Жаркова // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – № 6(64). – С. 188–190. – DOI 10.24411/2411–0450–2020–10556. – EDN LMFVFK.

32. Микофренд® (Mycofriend)®. Микоризообразующий биопрепарат. URL: <https://snpk.in.ua/ru/mikofrend1/>. (дата обращения: 24.03.2023).

33. Надежкина, Е. В. Дополнительное использование азота почвы при внесении азотных удобрений / Е. В. Надежкина // Агрохимия. – 2006. – № 3. – С. 5–13. – EDN HTAHIN.

34. Назирова, Р. М. Инновационные технологии переработки сои / Р. М. Назирова, И. Хасанбоев // Известия Ошского технологического университета. – 2023. – № 2–2. – С. 83–87. – EDN QJNBMW.

35. Никитишен, В. И. Формирование продуктивности агроэкосистем при применении минеральных удобрений и действии климатических факторов в условиях ополей Центральной России / В. И. Никитишен, В. И. Личко // Агрохимия. – 2008. – № 12. – С. 20–28. – EDN JUFYWT.

36. Озякова, Е. Н. Урожайность и качество зерна сои в зависимости от действия абиотических факторов и генотипических особенностей / Е. Н. Озякова, Н. А. Поползухина // Омский научный вестник. – 2014. – № 2 (134). – С. 213–217. – EDN TEGAIR.

37. Ольховатов, Е. А. Использование сои в пищевых и медицинских целях / Е. А. Ольховатов, Л. В. Пономаренко, М. П. Коваленко // Молодой ученый. – 2015. – № 15 (95). – С. 231–235. – EDN UCRKQT.

38. Онищенко, Л. М. Агрохимические основы воспроизводства плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур: специальность 03.02.13 "Почвоведение": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Онищенко Людмила Михайловна. – Краснодар, 2016. – 22 с. – EDN ZPYXHF.

39. ОПТИМАЙЗ–400. Агротек. URL: agrotek.com>products/micronutrient/~types/11835 (дата обращения: 29.03.2023).

40. Осин, А. А. Влияние микробиологических препаратов, минеральных удобрений на симбиоз, урожайность и белковую продуктивность сои и фасоли в условиях Центральной лесостепи России: специальность 06.01.09 "Овощеводство": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Осин Алексей Александрович. – Орел, 2009. – 22 с. – EDN NLDSTZ.

41. Осина, Е. А. Влияние микробиологических препаратов на формирование симбиотической системы, урожайность и белковую продуктивность сои / Е. А. Осина // Сетевой научный журнал ОрелГАУ. – 2017. – № 1 (8). – С. 53–57. – EDN ZBIYAB.

42. Парамонов, А. В. Особенности наследования некоторых хозяйственно ценных признаков сои / А. В. Парамонов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 2–1 (41). – С. 153–157. – DOI 10.24411/2500–1000–2020–10129. – EDN VOAMLN.

43. Патент № 2426778 С2 Российская Федерация, МПК С12N 1/00. Штамм клубеньковых бактерий *Bradyrhizobium japonicum* 206 ВКПМ В-9505, вирулентный к районированным сортам сои: № 2009111425/10: заявл. 27.03.2009: опубл. 20.08.2011 / В. Г. Правдин, Н. А. Колесова, В. Г. Гермашев [и др.]; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-технический центр биологических технологий в сельском хозяйстве" (ООО "НТЦ БИО"). – EDN WOUFOL.

44. Петибская, В. С. Соя: химический состав и использование / В. С. Петибская. – Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта, 2012. – 432 с. – ISBN 978–5–7992–0733–5. – EDN SIXAUP.

45. Пивоваров, В. Ф. Основные направления и результаты селекции и семеноводства овощных бобовых культур во ВНИИССОК / В. Ф. Пивоваров, Е. П. Пронина // Овощи России. – 2013. – № 1 (18). – С. 4–11. – EDN QCSJHKZ.

46. Поморова, Ю. Ю. Биохимический состав семян сортов сои, возделываемых в различных регионах России, и аспекты его биологической ценности (обзор) / Ю. Ю. Поморова, В. В. Пятовский, Ю. М. Серова // Масличные культуры. – 2023. – № 4 (196). – С. 84–96. – DOI 10.25230/2412–608X–2023–4–196–84–96. – EDN QQFOTR.

47. Попова, Н. П. Оптимизация продукционного процесса сортов сои северного экотипа в условиях Центрального Нечерноземья: специальность 06.01.09 "Овощеводство": автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук / Попова Наталья Павловна. – Тверь, 2009. – 22 с. – EDN NLFJWJ.

48. Попова, Н. П. Особенности белкового комплекса семян сои северного экотипа / Н. П. Попова, М. Е. Бельшкіна, Т. П. Кобозева // Известия

Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 104–108. – DOI 10.26897/0021–342X–2018–1–104–108. – EDN YWZINN.

49. Почвы Московской области и их использование: В 2-х томах / Л. Л. Шишов, М. С. Симакова, В. Д. Тонконогов [и др.]. Том 1. – М.: Почвенный институт имени В. В. Докучаева, 2002. – 500 с. – ISBN 5–86921–049–6. – EDN WZAACF.

50. Растениеводство Центрального Черноземья России: учебник для подготовки магистров и специалистов по направлению "Агрономия" / В. А. Федотов, С. В. Кадыров, Д. И. Щедрина [и др.]. – Воронеж: ООО "Издательство Черноземье", 2019. – 581 с. – EDN LJLWSN.

51. Расулова, В. А. Оценка морфологических признаков коллекционных образцов сои и их взаимосвязь с хозяйственно важными показателями в условиях Орловской области / В. А. Расулова, С. В. Кирюхин, С. О. Гуринович // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2025. – № 4 (56). – С. 69–78. – DOI 10.24412/2309–348X–2025–4–69–78. – EDN YELZQC.

52. Романова, Е. В. Влияние биостимуляторов на рост и продуктивность растений сои / Е. В. Романова, М. С. Гинс // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2006. – № 1. – С. 82–88. – EDN JVKUNL.

53. Сатаева, Л. В. Отбор эффективных штаммов клубеньковых бактерий *Bradyrhizobium japonicum* для сортов сои сибирской селекции в условиях Республики Башкортостан / Л. В. Сатаева, Э. М. Андриянова, Л. Ф. Гумерова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2025. – Т. 55, № 9(322). – С. 5–13. – DOI 10.26898/0370–8799–2025–9–1. – EDN GOUAUI.

54. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020621349 Российская Федерация. Информационный ресурс "Экологический паспорт территории Московской области": № 2020620763: заявление 26.05.2020: опубликовано 04.08.2020; заявитель Московская область, от имени которой выступает Министерство экологии и природопользования Московской области. – EDN XNGDWM.

55. Синеговская, В. Т. Перспективные направления научных исследований по сое / В. Т. Синеговская // Дальневосточный аграрный вестник. – 2008. – № 1 (5). – С. 23–28. – DOI 10.24411/1999–6837–2008–00005. – EDN RLEDEZ.

56. Создание сортов сои северного экотипа и интродукция ее в Нечерноземную зону России / Г. С. Посыпанов, Т. П. Кобозева, В. П. Мухин [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2007. – № 1. – С. 73–78. – EDN HZDUSL.

57. Созонова, А. Н. Структура урожая скороспелых сортов сои в Тюменской области / А. Н. Созонова, А. С. Иваненко // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2017. – № 2 (37). – С. 90–94. – EDN YUDIOF.

58. Сопряженность количественных признаков и показателей скороспелости селекционных линий сои овощного и технического направлений / Д. Р. Шафигуллин, Е. В. Романова, М. С. Гинс и др. // Аграрная Россия. – 2017. – № 9. – С. 2–8. – EDN ZHDAIB.

59. Сортовая специфичность эффектов ризобактерий в отношении азотфиксирующего симбиоза и минерального питания сои в условиях агроценоза / Ю. В. Береговая, И. Л. Тычинская, С. Н. Петрова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53, № 5. – С. 977–993. – DOI 10.15389/agrobiology.2018.5.977rus. – EDN YODNWP.

60. Соя в России – действительность и возможность / В. М. Лукомец, А. В. Кочегура, В. Ф. Баранов [и др.]. – Краснодар: Всероссийский научно–исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта, 2013. – 99 с. – EDN SIWUTR.

61. Сравнительный анализ раннеспелых сортов сои в условиях Юга России / Т. С. Кошкарлова, А. М. Зейлигер, Е. В. Зинченко [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 6. – С. 15–20. – DOI 10.17513/use.37835. – EDN OZCPBB.

62. Сытников, Д. М. Реакция сои на инокуляцию альго–ризобияльными композициями / Д. М. Сытников, Н. А. Воробей, Е. В. Пацко // Биотехнологія. – 2010. – Т. 3, № 6. – С. 042–048. – EDN PXITJZ.

63. Технология возделывания овощной сои в Узбекистане / Р. Ф. Мавлянова, В. И. Зуев, В. В. Ким [и др.]. – Ташкент: Sylmo Servis, 2013. – 24 с.

64. Тихонович, И. А. Принципы селекции растений на взаимодействие с симбиотическими микроорганизмами / И. А. Тихонович, Н. А. Проворов // Информационный вестник ВОГиС. – 2005. – Т. 9, № 3. – С. 295–305. – EDN HRTAMJ.

65. Ткачёва, Н. Бобы эдамаме – 5 ключевых фактов о пользе продукта и как приготовить / Н. Ткачёва, Т. Елисеева // Журнал здорового питания и диетологии. – 2022. – Т. 1, № 19. – С. 101–104. – DOI 10.59316/vi19.167.

66. Удобрения с дигидрокверцетином. Микробиологическое удобрение «БиоБеСтА». URL: <https://www.ametis.ru/production/fertilizer> (дата обращения: 27.03.2023).

67. Устюгов, А. Д. Соя и технологии её переработки / А. Д. Устюгов, И. В. Конин, А. Ю. Рожков // Молодежь и наука. – 2012. – № 1. – С. 219–221. – EDN RTNMHL.

68. Фадеева, М. Ф. Соя стратегическая культура в экономической политике / М. Ф. Фадеева, Л. В. Воробьева // Владимирский земледелец. – 2017. – № 1(79). – С. 27–28. – EDN YKGSFL.

69. Цехмейструк, Н. Г. Урожайность сортов сои в зависимости от климатических условий зоны выращивания / Н. Г. Цехмейструк, В. А. Шелякин, Р. Д. Магомедов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 3. – С. 49–52. – EDN ZCDCGB.

70. Шафигуллин, Д. Р. Агробиологические и физиолого–биохимические аспекты интродукции сои овощной (*Glycine max* L.) в условиях Центрального района Нечернозёмной зоны: специальность 06.01.09 «Овощеводство» и 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений»:

диссертация на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук / Шафигуллин Дамир Рамисович. – М., 2019. – 195 с.

71. Щучка, Р. В. Влияние биопрепаратов и стимуляторов роста и способов их применения на урожай и качество семян сои в ЦЧР: специальность 06.01.09 "Овощеводство": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Щучка Роман Викторович. – Воронеж, 2006. – 20 с. – EDN NJYSMD.

72. Эффективность азотфиксирующего симбиоза гуара (*Cyamopsis tetragonoloba*) со штаммами *Bradyrhizobium retamae* RCAM05275 и *Ensifer aridi* RCAM05276 в вегетационном опыте / П. С. Ульянич, А. А. Белимов, И. Г. Кузнецова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57, № 3. – С. 555–565. – DOI 10.15389/agrobiology.2022.3.555rus. – EDN GTAQDV.

73. Эффективность комплексного микоризного препарата в технологии выращивания сои // Союз органического земледелия. URL: <https://soz.bio/ehffektivnost-kompleksnogo-mikoriznogo-preparata-v-tekhnologii-vyrashchivaniya-soi/> (дата обращения: 24.03.2023).

74. Якименко, М. В. Видовое разнообразие дальневосточных природных популяций ризобий сои / М. В. Якименко, С. А. Бегун // Аграрный вестник Приморья. – 2018. – № 4 (12). – С. 27–32. – EDN YOTGZF.

75. Якименко, М. В. Оценка некоторых свойств и первичной эффективности штаммов *Sinorhizobium fredii* селекции ФГБНУ / М. В. Якименко, С. А. Бегун, А. И. Сорокина // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 8. – С. 60–65. – DOI 10.24411/0235–2451–2020–10810. – EDN FAMUXQ.

76. Adjetei, J. Evaluation of *Bradyrhizobium* formulations on performance of soybean grown on soil without a long-term history of the crop / J. Adjetei // Botswana Journal of Agriculture and Applied Science. – 2019. – Vol. 13 (1). – P. 66–70. – DOI 10.37106/bojaas.2019.9.

77. Albareda, M. Use of *Sinorhizobium* (*Ensifer*) *fredii* for soybean inoculants in South Spain / M. Albareda, D. N. Rodríguez–Navarro, F. J. Temprano // European

Journal of Agronomy. – 2009. – Vol. 30 (3). – P. 205–211. – DOI 10.1016/j.eja.2008.10.002.

78. Andrade, F. H. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja / F. H. Andrade, V. O. Sadras. – Balcarce, Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana, 2000. – 443 p. – ISBN 978–9875210165.

79. Application of nitrogen fertilizer in high-demand stages of soybean and its effects on yield performance / G. Moreno, A. J. P. Albrecht, L. P. Albrecht [et al.] // Australian Journal of Crop Science. – 2018. – Vol. 12 (1). – P. 16–21. – DOI 10.21475/ajcs.18.12.01.pne507

80. Application of supercritical fluid chromatography/mass spectrometry to lipid profiling of soybean / J. W. Lee, T. Uchikata, A. Matsubara [et al.] // Journal of Bioscience and Bioengineering. – 2012. – Vol. 113 (2). – P. 262–268. – DOI 10.1016/j.jbiosc.2011.10.009.

81. Assisted Selection by Specific DNA Markers for Genetic Elimination of the Kunitz Trypsin Inhibitor and Lectin in Soybean Seeds / R. M. A. de Moraes, T. C. B. Soares, L. R. Colombo [et al.] // Euphytica. – 2006. – Vol. 149 (1). – P. 221–226. – DOI: 10.1007/s10681–005–9069–0.

82. Bacterial Molecular Signals in the Sinorhizobium fredii-Soybean Symbiosis / F. J. López–Baena, J. E. Ruiz–Sainz, M. A. Rodríguez–Carvajal [et al.] // Int J Mol Sci. – 2016. – No. 17 (5). – P. 755. – DOI 10.3390/ijms17050755.

83. Barker, A. V. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, 2007; 2-е изд. – 773 p. – DOI 10.1201/b18458.

84. Barrera, S. Efecto de hongos micorrizicos arbusculares en plántulas de *Elaeis guineensis* (palmaceae) con alto nivel de P en el suelo / S. Barrera, N. Rodríguez // Acta Biológica Colombiana. – 2010. – Vol. 15 (1). – P. 105–114. – DOI 10.29018/issn.2588–1000vol3iss25.2019pp8–11.

85. Basal, O. Physiology, yield and quality of soybean as affected by drought stress / O. Basal // Asian Journal of Agriculture and Biology. – 2020. – Vol. 8, No. 3. – P. 247–252. – DOI 10.35495/ajab.2019.11.505. – EDN BIBASL.

86. Beaver, J. S. Dry matter accumulation and seed yield of determinate and indeterminate soybeans / J. S. Beaver, R. L. Cooper, R. J. Martin // *Agronomy Journal*. – 1985. – Vol. 77 (5). – P. 675–679. – DOI 10.1080/01904167.2020.1845371.

87. Bhat, J. A. Influence of Rhizobium inoculation on zinc content in soybean / J. A. Bhat // *Journal of Plant Nutrition*. – 2020. – Vol. 43, No. 3. – P. 430–441.

88. Breeding Specialty Soybeans for Traditional and New Soyfoods / Z. Cui, A. James, S. Miyazaki [et al.] // *Champaign: AOCS Press*. – 2004. – P. 264–322. – DOI 10.1201/9781439822203.ch14.

89. Burris, P. X. Biological nitrogen fixation / P. X. Burris, G. P. Roberts // *Soil Biology & Biochemistry*. – 1993. – Vol. 13. – P. 317–335. – DOI 10.1146/annurev.nu.13.070193.001533.

90. Chen, L. Influence of nitrogen-fixing bacteria on lipid accumulation in soybean seeds / L. Chen // *Crop Science*. – 2019. – No. 59 (3). – P. 1440–1449.

91. Chickpea (*Cicer arietinum*) and Other Plant-Derived Protease Inhibitor Concentrates Inhibit Breast and Prostate Cancer Cell Proliferation In Vitro / P. J. Magee, R. Owusu-Apenten, M. J. McCann [et al.] // *Nutrition and Cancer*. – 2012. – Vol. 64 (5). – P. 741–748. – DOI 10.1080/01635581.2012.688914.

92. Clua, A. Evaluación de la doble inoculación *Bradyrhizobium*–micorrizas y el uso de fitoterápicos de semilla en el crecimiento, eficiencia de inoculación y el rendimiento de un cultivo de soja / A. Clua, J. Olgiati, J. Beltrano // *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. – 2013. – Vol. 39, No. 3. – P. 250–258. –ISSN 1669–2314.

93. Compatibility between legumes and rhizobia for the establishment of a successful nitrogen-fixing symbiosis / J. Clua, C. Roda, M. E. Zanetti [et al.] // *Genes (Basel)*. – 2018. – Vol. 9, No. 3. – P. 125. – DOI 10.3390/genes9030125.

94. Content and Profile of Isoflavones in Soy-Based Foods as a Function of the Production Process / A. Villares, M. A. Rostagno, A. García-Lafuente [et al.] // *Food and Bioprocess Technology*. – 2011. – Vol. 4, No. 1. – P. 27–38. – DOI 10.1007/s11947-009-0311-y. – EDN KICINJ.

95. Corbera, J. Coinoculación *Bradyrhizobium japonicum*–micorriza vesículo arbuscular como fuente alternativa para el cultivo de la soya / J. Corbera // Cultivos Tropicales. – 1998. – Vol. 19, No. 1. – P. 17–20.
96. Corbera, J. Efecto de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium elkanii*–hongos MA y la aplicación de un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar INCASOY-27 / J. Corbera, M. C. N. García // Cultivos Tropicales. – 2013. – Vol. 34, No. 2. – P. 5–11.
97. Corbera, J. Evaluación agronómica del análogo de brasinoesteroides BB-6 en soya, inoculada con *Bradyrhizobium japonicum* y HMA, cultivada en invierno sobre un suelo / J. Corbera, M. Núñez // Cultivos Tropicales. – 2004. – Vol. 25, No. 3. – P. 9–13.
98. Cordeiro, C. F. D. S. Interactive effects of nitrogen–fixing bacteria inoculation and nitrogen fertilization on soybean yield in unfavorable edaphoclimatic environments / C. F. D. S. Cordeiro, F. R. Echer // Sci Rep. – 2019. – Vol. 9 (1). – P. 15606. – DOI 10.1038/s41598–019–52131–7.
99. Correlations between total protein content, sucrose, raffinose and stachyose in soybean / A. I. Teixeira, P. I. V. Good God, A. das D. Teixeira [et al.] // Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas. – 2013. – Vol. 7, No. 3. – P. 193–207. – DOI 10.1128/AEM.00845–09.
100. Cunha, J. C. Health benefits of dietary fiber. Food Science and Human Wellness / J. C. Cunha. – 2018. – No. 7 (4). – P. 289–295.
101. Capatana, N. Research regarding the influence of mineral fertilization along with *Bradyrhizobium japonicum* on soybean grain yield (*Glycine max* (L.) Merrill), under the conditions of south–east Romania / N. Capatana, C. Bolohan, D. I. Marin // Scientific Papers. Series A. Agronomy. – 2017. – Vol. 60. – P. 207–214. – DOI 10.3390/agriculture12010110.
102. Determining the optimal inoculant rate to maximize soybean productivity in the Guinea Savanna agro–ecological zone of Ghana / A.–L. Abdul–Aziz, B. Haruna, J. Ulzen [et al.] // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15 (1). – P. 15–21.

103. Development and characterization of an innovative synbiotic fermented beverage based on vegetable soybean / C. Battistini, B. Gullón, E. S. Ichimura [et al.] // Brazilian Journal of Microbiology. – 2018. – Vol. 49 (2). – P. 303–309. – DOI 10.1016/j.bjm.2017.08.006.

104. Differential symbiotic compatibilities between rhizobium strains and cultivated and wild soybeans revealed by anatomical and transcriptome analyses / S. B. Zadegan, W. Kim, H. M. Kh. Abbas [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2024. – Vol. 15. – DOI 10.3389/fpls.2024.1435632. – EDN CVHPFL.

105. Dissecting seed pigmentation–associated genomic loci and genes by employing dual approaches of reference–based and k–mer–based GWAS with 438 Glycine accessions / J. H. Kim, J. S. Park, C. Y. Lee [et al.] // PLoS One. – 2020. – Vol. 15 (12). – P. 1–23. – DOI 10.1371/journal.pone.0243085.

106. Edamame: A Nutritious Vegetable Crop / R. Mentreddy, A. I. Mohamed, N. Joshee [et al.] // Trends in New Crops and New Uses. – 2002. – Vol. 9, No. 1. – P. 432–438.

107. Effect of Fertilizer and Rhizobium Inoculation on Growth and Yield of Soyabean Variety (*Glycine max* L. Merrill) / S. Adeyeye, A. O. Togun, A. B. Olaniyan [et al.] // Advances in Crop Science and Technology. – 2017. – Vol. 05 (01). – P. 1–9. – DOI 10.4172/2329–8863.1000255.

108. Effect of temperature on growth and fatty acids profile of the biodiesel producing microalga *Scenedesmus acutus* / M. El–Sheekh, A. Abomohra, M. A. Metwally [et al.] // Biotechnology, Agronomy and Society and Environment. – 2017. – Vol. 21 (4). – P. 1–7. – DOI 10.25518/1780–4507.15291.

109. Effects of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) and *Sinorhizobium fredii* on biological nitrogen fixation, nodulation and growth of *Glycine max* cv. Osumi / J. A. Lucas, A. Probanza, B. Ramos [et al.] // Plant and Soil. – 2004. – Vol. 267 (1). – P. 143–153. – DOI 10.1007/s11104–005–4885–5.

110. Effects of seed inoculation and cropping system on chemical composition of some early soybean varieties / S. Balas, C. Urdă, L. Păcurar [et al.]

// Life Science and Sustainable Development. – 2021. – Vol. 2, No. 1. – P. 7–11. – DOI 10.58509/lssd.v2i1.72. – EDN LBJLEH.

111. Ellis, W. R. Persistence and recovery of *Rhizobium japonicum* inoculum in a feld soil / W. R. Ellis, G. E. Ham, E. L. Schmidt // *Agronomy Journal*. – 1984. – Vol. 76. – P. 573–576. – DOI 10.1002/agj2.21276.

112. Evaluation of newly released soybean varieties (*Glycine max.*) under smallholder farmers' condition in Western Ethiopia / T. Atnaфу, Y. Fekadu, S. Dirshaye [et al.] // *Journal of Natural Sciences Research*. – 2021. – No. 12 (13). – P. 20–26. – DOI 10.7176/JNSR/12–13–04.

113. Evaluation of vegetable-type soybean for sucrose, taste-related amino acids and isoflavones content / V. Kumar, A. Rani, L. Goyal [et al.] // *International Journal of Food Properties*. – 2011. – Vol. 14 (5). – P. 1142–1151. – DOI 10.1080/10942911003592761.

114. Exploiting biological nitrogen fixation: A route towards a sustainable agriculture / A. Soumare, M. Hafidi, Y. Ouhdouch [et al.] // *Plants*. – 2020. – Vol. 9, No. 8. – P. 1–22. – DOI 10.3390/plants9081011. – EDN LFPPAR.

115. Ferguson, B. J. *Rhizobia and Legume Nodulation Genes* / B. J. Ferguson // *Brenner's Encyclopedia of Genetics: Second Edition*, 2013. – P. 236–239. – DOI 10.1016/B978-0-12-374984-0.01046-9. – EDN YCPSQX.

116. Fermented Green Vegetable Soybean Meal Increases Dressed Carcass Meat and Bone Weight in Black-Boned Chickens (Fah Luang Chicken, *Gallus gallus*) / S. Khantaprab, B. Maneewan, T. Buwjoom [et al.] // *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. – 2017. – Vol. 12 (3). – P. 176–181. – DOI 10.3844/ajavsp.2017.176.181.

117. Ferraris, G. Tiempos de inoculación en tratamientos de *bradyrhizobium japonicum* con inclusión de micorrizas y zinc / G. Ferraris, L. Couretot. 2014. URL: <http://www.crinigan.com/ensayos/soja/Soja%20INTA%20Pergamino%20Bs.As.%202013–14.pdf>. (дата обращения: 25.03.2023).

118. Fituma T. Bradyrhizobium enhanced soybean yield and nutrient use efficiencies / T. Fituma. – Publisher: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2022. – 76 p. – ISBN 978–620–4–74554–1.
119. Fluorescence properties of flavonoid compounds. Quantification in paprika samples using spectrofluorimetry coupled to second order chemometric tools / O. Monago–Maraña, I. Durán–Merás, T. Galeano–Díaz [et al.] // Food Chem. – 2016. – Vol. 196. – P. 1058–1065. – DOI 10.1016/j.foodchem.2015.10.041.
120. Fogelberg, F. Aspects on cultivation of vegetable soybean in Sweden – cultivars, soil requirements, inoculation and nitrogen contribution / F. Fogelberg, A. M. Martensson // Acta Agriculturae Scandinavica. – 2021. – Vol. 71 (14045). – P. 1–12. – DOI 10.1080/09064710.2021.1945138.
121. Fornasero, L. V. Evaluación de la nodulación y rendimiento del cultivo de soja con la aplicación de distintas formulaciones de inoculantes / L. V. Fornasero, M. Toniutti // Sección Ciencias Agrarias. – 2016. – Vol. 14 (1). – P. 79–90. – DOI 10.14409/fa.v14i1/2.5708.
122. Genetic and phenotypic diversity of microsymbionts nodulating promiscuous soybeans from different agro-climatic conditions / S. W. Mburu, G. Koskey, E. M. Njeru [et al.] // Journal of Genetic Engineering and Biotechnology. – 2022. – Vol. 20, No. 1. – P. 1–15. – DOI 10.1186/s43141-022-00386-5. – EDN QJAQSW.
123. Genetic diversity in *Bradyrhizobium japonicum* Jordan 1982 and a proposal for *Bradyrhizobium elkanii* sp. nov / L. M. Kuykendall, B. Saxena, T. E. Devine [et al.] // Canadian Journal of Microbiology. – 1992. – Vol. 38 (6). – P. 501–503. – DOI 10.1139/m92-082.
124. Geographical distribution and genetic diversity of *Bradyrhizobium* spp. isolated from Korean soybean root nodules / Ye. E. Kim, H. Shin, Y. Yang, H. G. Hur // Applied Biological Chemistry. – 2022. – Vol. 65, No. 1. – P. 1–8. – DOI 10.1186/s13765-022-00708-8. – EDN RBGZEM.

125. Global Status of Vegetable Soybean / M. N. Ramakrishnan, N. B. Venkat, Y. Miao–Rong [et al.] // *Plants*. – 2023. – Vol. 12 (3). – P. 609. – DOI 10.3390/plants12030609.
126. Graham, R. D. The importance of zinc in plant nutrition / R. D. Graham // *Australian Journal of Soil Research*. – 2001. – Vol. 39, No. 3. – P. 275–287.
127. Greater differences exist in seed protein, oil, total soluble sugar and sucrose content of vegetable soybean genotypes [*Glycine max* (L.) Merrill] in Northeast China / Y. S. Li, M. Du, H. Qi [et al.] // *Australian Journal of Crop Science*. – 2012. – Vol. 6, No. 12. – P. 1681–1686. – EDN SRUHV L.
128. Ham, G. E. Evaluation of *Rhizobium japonicum* inoculants in soils containing naturalized populations of rhizobia / G. E. Ham, V. B. Cardwell, H. W. Johnson // *Agronomy Journal*. – 1971. – Vol. 63. – P. 301–303. – DOI 10.2135/cropsci1983.0011183X002300030003x.
129. Hamza, N. Influence of different *Rhizobium* strains on the yield and quality of soybean seeds / N. Hamza // *Journal of Agricultural Science*. – 2016. – No. 8 (6). – P. 117–126.
130. Haug, W. Protein content and amino acid composition of plant seeds / W. Haug // *Field Crops Research*. – 1980. – No. 3 (3). – P. 201–216.
131. Haug, W. The role of sulfur in the nutrition of plants / W. Haug // *Soil Science and Plant Nutrition*. – 1980. – No. 26 (1). – P. 23–33.
132. Hernández, M. Influence of *Rhizobium* inoculation on mineral content in soybean seeds / M. Hernández // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. – 2020. – No. 183 (6). – P. 749–759.
133. Hollis, A. B. DNA:DNA Hybridization Studies of *Rhizobium japonicum* and Related *Rhizobiaceae* / A. B. Hollis, W. E. Kloos, G. H. Elkan // *Journal of General Microbiology*. – 1981. – Vol. 123 (2). – P. 215–222. – DOI 10.1099/00221287-123-2-215.
134. Identification of QTLs for Major Isoflavone Components Among Multiple Environments in Soybean Seeds / J. Zhang, J. Sun, J. Sun [et al.] // *Scientia*

Agricultura Sinica. – 2012. – Vol. 45. – P. 3909–3920. – DOI 10.3864/j.issn.0578–1752.2012.19.002.

135. Identification of tissular origin of particles based on autofluorescence multispectral image analysis at the macroscopic scale / M. Corcel, M.–F. Devaux, F. Guillon [et al.] // The European Physical Journal Conferences. – 2017. – Vol. 140. – P. 05012. – DOI 10.1051/epjconf/201714005012.

136. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on gene expression of some cell wall and membrane elements of wheat (*Triticum aestivum* L.) under water deficit using transcriptome analysis / Z. M. Tarnabi, A. Iranbakhsh, I. Mehregan [et al.] // *Physiol Mol Biol Plants*. – 2020. – Vol. 26 (1). – P. 143–162. – DOI 10.1007/s12298–019–00727–8.

137. Improvement of rhizobium–soybean symbiosis and nitrogen fixation under drought / T. Kibido, K. Kunert, M. Makgopa [et al.] // *Food and Energy Security*. – 2020. – Vol. 9, No. 1. – P. e177. – DOI 10.1002/fes3.177. – EDN RPUEEC.

138. Inaba, S. N₂O emission from degraded soybean nodules depends on denitrification by *Bradyrhizobium japonicum* and other microbes in the rhizosphere / S. Inaba, F. Ikenishi, M. Itakura [et al.] // *Microbes Environ*. – 2012. – Vol. 27 (4). – P. 470–476. – DOI 10.1264/jsme2.me12100.

139. In–Furrow Inoculation and Selection for Higher Motility Enhances the Efficacy of Nodulation / S. L. Lopez–García, A. Peticari, C. Piccinetti [et al.] // *Agronomy Journal*. – 2009. – Vol. 101 (2). – P. 357–363. – DOI 10.2134/agronj2008.0155x.

140. Jarecki, W. Reaction of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] to seed inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* bacteria / W. Jarecki // *Plant, Soil and Environment*. – 2020. – Vol. 66 (5). – P. 242–247. – DOI 10.17221/201/2020–PSE.

141. Jegadeesan, S. Food Grade Soybean Breeding, Current Status and Future Directions / S. Jegadeesan, K. Yu // *Legume Crops*. – 2020. – P. 1–27. – DOI 10.5772/intechopen.92069.

142. Jordan, D. C. Transfer of *Rhizobium japonicum* Buchanan 1980 to *Bradyrhizobium* gen. nov., a Genus of Slow-Growing, Root Nodule Bacteria from Leguminous Plants / D. C. Jordan // International Journal of Systematic Bacteriology. – 1982. – Vol. 32. – P. 136–139. – DOI 10.1099/00207713-32-1-136.
143. Kao, T. C. Ecological, studies on nitrogen fixation of soybean nodules in Kao-Ping area of the south Taiwan investigations on nodular development and distribution of soybeans / T. C. Kao, A. C. Lin // National Science Council Monthly. – 1984. – Vol. 11 (12–2). – P. 1409–1418. – DOI 10.5772/20073.
144. Krivosudska, E. Evaluation of selected soybean genotypes (GLYCINE MAX L.) by physiological responses during water deficit / E. Krivosudska, A. Filová // Journal of Central European Agriculture. – 2013. – No. 14 (2). – P. 213–228. – DOI 10.5513/JCEA01/14.2.1250/
145. Kumar, V. Nutritional value of soybean. In Book: The Soybean: Botany, Production and Uses / V. Kumar, A. Rani, G.S. Chauhan // Wallingford: CABI, 2010. – P. 375–403. – DOI 10.1079/9781845936440.0375.
146. Lichtenthaler, H. K. Cell wall bound ferulic acid, the major substance of the blue-green fluorescence emission of plants / H. K. Lichtenthaler, J. Schweiger // Journal of Plant Physiology. – 1998. – Vol. 152. – P. 272–282.
147. Liu, K. Soybeans as a Powerhouse of Nutrients and Phytochemicals. In Book: Soybeans as Functional Foods and Ingredients / K. Liu. – New York: AOCS Publishing, 2004. – 10 p. – DOI 10.1201/9781439822203.ch1.
148. Liu, Y. F. Photosynthesis, photoinhibition, and antioxidant system in tomato leaves stressed by low night temperature and their subsequent recovery / Y. F. Liu, M. F. Qi, T. L. Li // Plant Science. – 2012. – Vol. 196. – P. 8–17. – DOI 10.1016/j.plantsci.2012.07.005.
149. Low Temperature-Tolerant Bradyrhizobium japonicum Strains Allowing Improved Soybean Yield in Short-Season Areas / H. Zhang, T. Charles, B. T. Driscoll [et al.] // Agronomy Journal. – 2002. – Vol. 94 (4). – P. 870–875. – DOI 10.2134/agronj2002.0870.

150. Mitigation of soil N₂O emission by inoculation with a mixed culture of indigenous *Bradyrhizobium diazoefficiens* / H. Akiyama, Y. T. Hoshino, M. Itakura [et al.] // *Sci Rep.* – 2016. – Vol. 6. – P. 328–369. – DOI 10.1038/srep32869.

151. Morphological Characterization, Variability and Diversity among Vegetable Soybean (*Glycine max* L.) Genotypes / N. Shilpashree, S. N. Devi, D. C. Manjunathagowda [et al.] // *Plants.* – 2021. – Vol. 10 (4). – P. 671–682. – DOI 10.3390/plants10040671.

152. Moseley, D. O. An Evaluation of Breeding, Agronomic, and Processing Methodologies of Vegetable Soybean (Edamame) to Increase Domestic Production in the United States Market / D. O. Moseley. – Arkansas: 2018. – 138 p. – DOI 10.3390/agriculture12101734.

153. Nitrogen Uptake, Fixation and Response to Fertilizer N in Soybeans: A Review / F. Salvagiotti, K. Cassman, J. E. Specht [et al.] // *Field Crops Research.* – 2008. – Vol. 108, No. 1. – P. 1–13. – DOI 10.1016/j.fcr.2008.03.001.

154. Nitrous oxide emission and microbial community in the rhizosphere of nodulated soybeans during the late growth period / S. Inaba, K. Tanabe, S. Eda [et al.] // *Microbes Environ.* – 2009. – Vol. 24 (1). – P. 64–67. – DOI 10.1264/jsme2.me08544.

155. No Difference Between the Effects of Supplementing With Soy Protein Versus Animal Protein on Gains in Muscle Mass and Strength in Response to Resistance Exercise / M. Messina, H. Lynch, J. M. Dickinson [et al.] // *Sport Nutr Exerc Metabolism.* – 2018. – Vol. 28 (6). – P. – 674–685. – DOI 10.1123/ijsnem.2018–0071.

156. O'Brien, J. M. Symbiotic nitrogen fixation increases iron accumulation in soybean seeds / J. M. O'Brien // *Nutrient Cycling in Agroecosystems.* – 2018. – Vol. 110, No. 1. – P. 1–10.

157. Ogles, C. (2016) Evaluation of Selected Edamame Cultivars for Isoflavone Content, Organoleptic Characteristics, and Production in Central Alabama. <https://etd.auburn.edu/handle/10415/5484>.

158. Overexpression of GmWRI1b in soybean stably improves plant architecture and associated yield parameters, and increases total seed oil production under field conditions / W. Guo, L. Chen, H. Chen [et al.] // *Plant Biotechnology Journal*. – 2020. – Vol. 18, No. 8. – P. 1639–1641. – DOI 10.1111/pbi.13324. – EDN EKROHB.

159. Overexpression of the rice phosphate transporter gene OsPT6 enhances tolerance to low phosphorus stress in vegetable soybean / W. Yan, G.–H. Chen, L.–F. Yan [et al.] // *Scientia Horticulturae*. – 2014. – Vol. 177 (2). – P. 71–76. – DOI 10.1016/j.scienta.2014.07.037.

160. Palada, M. C. (2013) Performance of vegetable soybean cultivars under organic crop management system / M. C. Palada, C. H. Ma // In Holmer, R., Linwattana, G., Nath, P., & Keatinge, J. D. H. (Eds.), *Proceedings of the Regional Symposium on High Value Vegetables in Southeast Asia: Production, Supply and Demand (SEAVEG2012)*, 24–26 January 2012, Chiang Mai, Thailand (pp. 181–186). Tainan, Taiwan: AVRDC – The World Vegetable Center. – DOI hdl.handle.net/20.500.12852/1908.

161. Peptides Derived of Kunitz–Type Serine Protease Inhibitor as Potential Vaccine Against Experimental Schistosomiasis / J. Hernández–Goenaga, J. López–Abán, B. Vicente Santiago [et al.] // *Frontiers in Immunology*. – 2019. – Vol. 10. – P. 2498. – DOI 10.3389/fimmu.2019.02498. – EDN RJPTWS.

162. Performance of four vegetable soybean genotypes in two agricultural years / R. Castoldi, H. C. de Oliveira Charlo, P. Vargas [et al.] // *Horticultura Brasileira*. – 2009. – Vol. 27 (2). – P. 256–259.

163. Physical and nutritional properties of edamame seeds as influenced by stage of development / Y. Xu, A. Cartier, D. Kibet [et al.] // *Journal of Food Measurement and Characterization*. – 2016. – Vol. 10, No. 2. – P. 193–200. – DOI 10.1007/s11694–015–9293–9. – EDN SDARXL.

164. Physicochemical, functional and microstructural characteristics of vegetable soybean (*Glycine max*) as affected by variety and cooking process / Y. Xu, Ju. Barbaro, F. Reese [et al.] // *Journal of Food Measurement and*

Characterization. – 2015. – Vol. 9, No. 3. – P. 471–478. – DOI 10.1007/s11694–015–9255–2. – EDN TDFWZQ.

165. Polyphasic taxonomy, a consensus approach to bacterial systematics / P. Vandamme, B. Pot, M. Gillis [et al.] // Microbiological Reviews. – 1996. – Vol. 60 (2). – P. 407–438. – DOI 10.1128/MMBR.60.2.407–438.1996.

166. Porcel, R. Evaluation of the role of genes encoding for dehydrin proteins (LEA D-11) during drought stress in arbuscular mycorrhizal Glycine max and Lactuca sativa plants / R. Porcel, R. Azcón, J. M. Ruiz-Lozano // Journal of Experimental Botany. – 2005. – Vol. 56 (417). – P. 1933–1942. – DOI 10.1093/jxb/eri188.

167. Poysa, V. Effect of soy protein subunit composition on tofu quality / V. Poysa, L. Woodrow, K. Yu // Food Research International. – 2006. – Vol. 39 (3). – P. 309–317. – DOI 10.1016/j.foodres.2005.08.003.

168. Prediction of color and moisture content for vegetable soybean during drying using hyperspectral imaging technology / M. Huang, Q. Wang, M. Zhang [et al.] // Journal of Food Engineering. – 2014. – Vol. 128. – P. 24–30. – DOI 10.1016/j.jfoodeng.2013.12.008.

169. Probability of Yield Response to Inoculants in Fields with a History of Soybean / J. L. Debruin, P. Pedersen, S. P. Conley [et al.] // Crop Science. – 2010. – Vol. 50 (1). – P. 265–272. – DOI 10.2135/cropsci2009.04.0185.

170. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates / S. H. M. Gorissen, J. J. R. Crombag, J. M. G. Senden [et al.] // Amino Acids. – 2018. – No. 50 (12). – P. 1685–1695. – DOI 10.1007/s00726–018–2640–5.

171. Rahman, M. Plant Density Effects on Growth, Yield and Yield Components of Two Soybean Varieties under Equidistant Planting Arrangement / M. M. Rahman, M. M. A. Hossain, R. W. Bell // Asian Journal of Plant Sciences. – 2011. – Vol. 10 (5). – P. 278–286. – DOI 10.3923/ajps.2011.278.286.

172. Ramya, V. Characterization of vegetable soybean genotypes for phenological, physiological and yield attributing traits / V. Ramya, U. V.

Mummigatti // *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*. – 2015. – Vol. 28. – P. 500– 503. – DOI 10.9734/bpi/ist/v3/2471C.

173. Residual Bradyrhizobium inoculation effects on soybean performance and selected soil health parameters / E. K. Akley, Ch. W. Rice, N. Adotey [et al.] // *Agronomy Journal*. – 2022. – Vol. 114, No. 3. – P. 1627–1641. – DOI 10.1002/agj2.21037. – EDN BBOWQC.

174. Root system architecture, physiological and transcriptional traits of soybean (*Glycine max* L.) in response to water deficit: A review / R. Xiong, S. Liu, Y. Chen [et al.] // *Physiologia Plantarum*. – 2020. – DOI 10.1111/ppl.13201. – EDN TPOTRF.

175. Roshchina, V. V. Application of Autofluorescence for Analysis of Medicinal Plants / V. V. Roshchina, A. A. Kuchin, V. A. Yashin // *International Journal of Spectroscopy*. – 2017. – Vol. 2. – P. 1–8. – DOI 10.1155/2017/7159609.

176. Rutto, L. Evaluation of Soybean Lines for Edamame Yield Traits and Trait Genetic Correlation / L. Rutto // *HortScience*. – 2018. – Vol. 53. – P. 1732–1736. – DOI 10.21273/HORTSCI13448–18.

177. Sameshima–Saito, R. New method of denitrification analysis of bradyrhizobium field isolates by gas chromatographic determination of (15)N-labeled N(2) / R. Sameshima–Saito, K. Chiba, K. Minamisawa // *Appl Environ Microbiol*. – 2004. – Vol. 70 (5). – P. 2886–2891. – DOI 10.1128/AEM.70.5.2886–2891.2004.

178. Saravanan, V. S. Mechanisms of plant growth promotion and nutrient solubilization by inoculated bacteria / V. S. Saravanan // *BMC Plant Biology*. – 2019. – Vol. 19, No. 1. – P. 1–15.

179. Sarutayophat, T. Correlation and path coefficient analysis for yield and its components in vegetable soybean / T. Sarutayophat // *Songklanakarin Journal of Science and Technolog*. – 2012. – Vol. 34 (3). – P. 273–277. – DOI 10.1590/S0102–05362011000300015.

180. Screening soybean genotypes for promiscuous symbiotic association with Bradyrhizobium strains / E. E. Agoyi, E. Afutu, J. Tumuhairwe [et al.] //

African Crop Sciences Journal. – 2016. – Vol. 24 (1). – P. 49–59. – DOI 10.4314/acsj.v24i1.4.

181. Shanmugasundaram, S. Vegetable Soybean / S. Shanmugasundaram, M. R. Yan // The Soybean: Botany, Production and Uses. – 2010. – 427 p. – ISSN: 1845936450, 9781845936457.

182. Solomon, T. Effects of Inoculation by *Bradyrhizobium japonicum* Strains on Nodulation, Nitrogen Fixation, and Yield of Soybean (*Glycine max* L. Merrill) Varieties on Nitisols of Bako, Western Ethiopia / T. Solomon, L. M. Pant, T. Angaw // Agronomy. – 2012. – Vol. 2. – P. 1–8. – DOI 10.5402/2012/261475.

183. Soy Isoflavones and Cardiovascular Disease Epidemiological, Clinical and Omics Perspectives / A. Gil-Izquierdo, J. L. Penalvo, J. I. Gil [et al.] // Current Pharmaceutical Biotechnology. – 2012. – Vol. 13 (5). – P. 624–631. – DOI 10.2174/138920112799857585.

184. Soybean Response to Inoculation with in the United States and Argentina / M. Leggett, M. Díaz-Zorita, M. Koivunen [et al.] // Agronomy Journal. – 2017. – Vol. 109 (3). – P. 1–8. – DOI 10.2134/agronj2016.04.0214.

185. Soybean yield, biological N₂ fixation and seed composition responses to additional inoculation in the United States / W. D. Carciochi, L. H. Moro Rosso, M. A. Secchi [et al.] // Scientific Reports. – 2019. – Vol. 9 (1). – P. 199–208. – DOI 10.1038/s41598-019-56465-0.

186. Study of soybean vegetable samples in the conditions of the Central European part of Russia and modeling of new variety biotypes / D. R. Shafigullin, M. S. Gins, V. F. Pivovarov, A. V. Soldatenko // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. – 2018. – No. 4. – P. 73–98. – DOI 10.26897/0021-342X-2018-4-73-98. – EDN SIUSMX.

187. Sulieman, W. Nutrient uptake in legumes: Role of microbial partners / W. Sulieman // Microbial Ecology. – 2017. – Vol. 74, No. 1. – P. 1–28.

188. Symbiotic *Bradyrhizobium japonicum* reduces N₂O surrounding the soybean root system via nitrous oxide reductase / R. Sameshima-Saito, K. Chiba, J.

Hirayama [et al.] // Appl Environ Microbiol. – 2006. – Vol. 72 (4). – P. 2526–2532. – DOI 10.1128/AEM.72.4.2526-2532.2006.

189. Szpunar–Krok, E. Quality Evaluation Indices for Soybean Oil in Relation to Cultivar, Application of N Fertiliser and Seed Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* / E. Szpunar–Krok, A. Wondolowska–Grabowska // Foods. – 2022. – Vol. 11, No. 5. – DOI 10.3390/foods11050762. – EDN BWSRWE.

190. Takahashi, Y. Production and consumption of green vegetable soybeans "Edamame" / Y. Takahashi, T. Ohyama // Nova Science Publishers, Inc. – 2011. – P. 425–442. – ISBN: 978–1–61122–092–6.

191. Talamond, P. Secondary metabolite localization by autofluorescence in living plant cells / P. Talamond, J–L. Verdeil, G. Conéjéro // Molecules. – 2015. – Vol. 20 (3). – P. 5024–5037. – DOI 10.3390/molecules20035024.

192. Talukdar, A. Genetic improvement of food–grade soybean in India: Current status and future prospects / A. Talukdar, M. Shivkumar // The Indian Journal of Genetics. – 2016. – Vol. 76 (4). – P. 626–630. – DOI 10.5958/0975–6906.2016.00077.8.

193. Temperature as a key factor for successful inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* spp. under cool growing conditions in Belgium / J. Pannecouque, J. Ceusters, J. Deboe [et al.] // The Journal of Agricultural Science. – 2018. – Vol. 156 (04). – P. 1–11. – DOI 10.1017/S0021859618000515.

194. The health effects of soy: A reference guide for health professionals / M. Messina, A. Duncan, V. Messina [et al.] // Frontiers in Nutrition. – 2022. – Vol. 9. – P. 1–33. – DOI 10.3389/fnut.2022.970364.

195. Unprecedented bacterial community richness in soybean nodules vary with cultivar and water status / H. Sharaf, R. R. Rodrigues, J. Moon [et al.] // Microbiome. – 2019. – Vol. 7, No. 1. – P. 1–18. – DOI 10.1186/s40168–019–0676–8. – EDN AXXJFG.

196. Ureide assay to assess N₂–fixation abilities of soybean (*Glycine max*) genotypes under different *Bradyrhizobium* strains / E. E. Agoyi, E. Afutu, F. J.

Chadare [et al.] // Journal of Crop Science and Biotechnology. – 2017. – Vol. 20, No. 2. – P. 65–72. – DOI 10.1007/s12892-016-0132-0. – EDN OSFWIB.

197. Utami, M. M. D. Dietary edamame soybean isoflavon concentrate on improving carcass quality of broilers / M. M. D. Utami, R. T. Hertamawati // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 411, No. 1. – P. 012035. – DOI 10.1088/1755-1315/411/1/012035. – EDN IUCIBE.

198. Vance, C. P. Symbiotic Nitrogen Fixation and Phosphorus Acquisition. Plant Nutrition in a World of Declining Renewable Resources / C. P. Vance // Plant Physiology. – 2001. – Vol. 127 (2). – P. 390–397. – DOI 10.1104/pp.127.2.390.

199. Variability and correlations between yield components of soybean [Glycine max (L.) Merr.] / V. M. Popovic, M. Vidic, D. Jockovic [et al.] // Genetika. – 2012. – Vol. 44 (1). – P. 33–45. – DOI 10.2298/GENSR1201033P.

200. Varshney, R. K. The soybean: botany, production and uses / R. K. Varshney // Experimental Agriculture. – 2011. – Vol. 47, No. 02. – P. 413. – DOI 10.1017/S0014479710001201.

201. Vegetable soybean, edamame: Research, production, utilization and analysis of its adoption in Sub-Saharan Africa / K. A. D. Mahoussi, E. A. Eric, A. Symphorien [et al.] // Journal of Horticulture and Forestry. – 2020. – Vol. 12, No. 1. – P. 1–12. – DOI 10.5897/jhf2019.0604. – EDN ZRHXMU.

202. Vegetable soybean: seed composition and production research / Q. Zhang, Y. Li, K. Chin [et al.] // Italian Journal of Agronomy. – 2017. – Vol. 11 (3). – P. 20. – DOI 10.4081/ija.2017.872.

203. Ventimiglia, L. Inoculación en soja: Dosis de inoculante y complementación de Bradyrizobium con PGPR / L. Ventimiglia, L. T. Baudrix // Agromercado. – 2012. – № 171. – P. 14–15.

204. Veronesi, M. Evaluación de inoculantes y promotores de crecimiento en un cultivo de soja en Gualeguaychú, provincia de Entre Ríos / M. Veronesi. 2014. URL: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-inoculantes-soja-gualeguaychu.pdf>. (дата обращения: 27.03.2023).

205. Vicent, J. M. A Manual for the Practical Study of Root–nodule Bacteria / J. M. Vicent. – Published for the International Biological Programme by Blackwell Scientific. – Oxford, England, 1970. – 164 p. – ISBN 9780632064106.

206. Visualization of flavonol distribution in the abaxial epidermis of onion scales via detection of its autofluorescence in the absence of chemical processes / E. Sudo, M. Teranishi, J. Hidema [et al.] // Biosci Biotechnol Biochem – 2009. – Vol. 73 (9). – P. 2107–2109. – DOI 10.1271/bbb.90169.

207. Wang, C. T. Effects of rhizobia and glomus inoculation on soybean. Soil and Fertilizer Experiment Report / C. T. Wang // Department of Agriculture and Forestry, Taiwan Provincial Government, Republic of China. – 1988. – P. 102–109. – DOI 10.5897/AJB09.1337.

208. Wang, Y. Water and fertilizer application effects on soybean growth and yield / Y. Wang // Agricultural Water Management. – 2018. – No. 215. – P. 97–105.

209. Wijewardana, C. Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress / C. Wijewardana, K. R. Reddy, N. Bellaloui // Food Chem. – 2019. – No. 278. – P. 92–100. – DOI 10.1016/j.foodchem.2018.11.035.

210. Williams, M. M. Phenomorphological Characterization of Vegetable Soybean Germplasm Lines for Commercial Production / M. M. Williams // Crop Science. – 2015. – Vol. 55 (3). – P. 1274–1279. – DOI 10.2135/cropsci2014/10/0690.

211. Wu, Z. Effects of *Sinorhizobium fredii* inoculation on soybean lipid content / Z. Wu // Plant Physiology and Biochemistry. – 2020. – No. 121. – P. 87–94.

212. Yanagi, M. Phylogenetic analysis of the family *Rhizobiaceae* and related bacteria by sequencing of 16S rRNA gene using PCR and DNA sequencer / M. Yanagi, K. Yamasato // Microbiology. – 1993. – Vol. 107 (1). – P. 115–120. – DOI 10.1111/j.1574-6968.1993.tb06014.x.

213. Yang, L. The effect of growing soybean (*Glycine max.* L.) on N₂O emission from soil / L. Yang, Z. Cai // Soil Biology and Biochemistry. – 2005. – Vol. 37 (6). – P. 1205–1209. – DOI 10.1016/j.soilbio.2004.08.027.

214. Zakhia, F. Taxonomy of rhizobia / F. Zakhia, P. de Lajudie // *Agronomie*. – 2001. – Vol. 21 (6–7). – P. 569–576. – DOI 10.1051/agro: 2001146.
215. Zeipina, S. Nsight in edamame yield and quality parameters: a Review / S. Zeipina, I. Alsiņa, L. Lepse // *Agricultural Sciences*. – 2017. – Vol. 23. – P. 40–45. – DOI 0.22616 / rrd.23.2017.047.
216. Zhang, J. Assessing the impact of inoculant on soybean crop performance / J. Zhang // *Field Crops Research*. – 2015. – No. 173. – P. 1–10.
217. Zhang, J. Nitrogen fertilizer application effects on soybean yield and quality in different environments / J. Zhang // *Field Crops Research*. – 2015. – Vol. 180. – P. 185–193.
218. Zhang, L. Growth and yield of vegetable soybean (edamame) in Mississippi / L. Zhang, S. Kyei–Boahen // *HortTechnology*. – 2007. – Vol. 17, No. 1. – P. 26–31. – EDN PMKXYF.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

А1. Толщина стебля сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, мм

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Толщина стебля по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	7,0	7,6	9,0	23,6	7,87
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	7,0	8,0	7,0	22,0	7,33
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	8,0	9,0	8,0	25,0	8,33
Hidaka	Контроль, без обработки	5,6	5,8	9,0	20,4	6,8
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	6,0	6,1	11,0	23,1	7,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	6,0	6,5	10,0	22,5	7,5
А	Контроль, без обработки	9,4	9,8	10,0	29,2	9,73
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	9,3	10,0	11,5	30,8	10,27
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	10,0	10,5	12,5	33,0	11,0
F	Контроль, без обработки	10,2	9,2	11,0	30,4	10,13
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	8,9	8,8	13,0	30,7	10,23
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	8,8	9,3	10,5	28,6	9,53
Сумма Р		96,2	100,6	122,5	Σ=319,3	x=8,87

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	124,36	35	-	-	-
Повторений	33,07	2	-	-	-
Фактор (А)	60,81	3	20,27	18,32	3,05
Фактор (В)	1,26	2	0,63	0,57	3,44
Взаимодействия (АВ)	4,86	6	0,81	0,73	2,55
Остаточное (ошибки)	24,34	22	1,11	-	-

Ошибка опыта, %	6,9
Ошибка разности средних	0,86
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	1,78
Ошибка разности средних по фактору А	0,5
НСР ₀₅ (фактор А)	1,03
Влияние фактора А, %	48
Влияние фактора В, %	1
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	4
Влияние повторений, %	27
Влияние ошибки, %	20

А2. Толщина стебля сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, мм

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Толщина стебля по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	8,0	7,6	10,0	25,6	8,53
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	7,0	8,0	8,0	23,0	7,67
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	8,0	10,0	8,0	26,0	8,67
Hidaka	Контроль, без обработки	8,0	7,0	10,0	25,0	8,33
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	7,0	6,1	11,0	24,1	8,03
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	8,0	6,5	10,0	24,5	8,17
А	Контроль, без обработки	9,4	9,0	10,0	28,4	9,47
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	9,3	8,0	9,0	26,3	8,77
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	10,0	12,0	11,0	33,0	11,0
F	Контроль, без обработки	11,0	9,2	11,0	31,2	10,4
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	10,0	8,8	12,0	30,8	10,27
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	10,0	9,3	12,0	31,3	10,43
Сумма Р		105,7	101,5	122,0	$\Sigma=329,2$	$\bar{x}=9,14$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	87,29	35	-	-	-
Повторений	19,54	2	-	-	-
Фактор (А)	31,68	3	10,56	8,84	3,05
Фактор (В)	4,71	2	2,35	1,97	3,44
Взаимодействия (АВ)	5,07	6	0,84	0,71	2,55
Остаточное (ошибки)	26,28	22	1,19	-	-

Ошибка опыта, %	6,9
Ошибка разности средних	0,89
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	1,85
Ошибка разности средних по фактору А	0,51
НСР ₀₅ (фактор А)	1,07
Влияние фактора А, %	42
Влияние фактора В, %	9
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	6
Влияние повторений, %	23
Влияние ошибки, %	20

А3. Толщина стебля сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, мм

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Толщина стебля по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	8,0	9,0	10,0	27,0	9,0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	9,0	8,0	10,0	27,0	9,0
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	8,0	10,0	9,0	27,0	9,0
Hidaka	Контроль, без обработки	9,0	9,0	10,0	28,0	9,33
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	8,0	9,0	11,0	28,0	9,33
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	9,0	8,0	10,0	27,0	9,0
А	Контроль, без обработки	10,0	9,0	11,0	30,0	10,0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	10,0	9,0	10,0	29,0	9,67
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	11,0	11,0	10,0	32,0	10,67
F	Контроль, без обработки	11,0	10,0	11,0	32,0	10,67
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	9,0	8,8	11,0	28,8	9,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	11,0	10,0	12,0	33,0	11,0
Сумма Р		113,0	110,8	125,0	Σ=348,8	x=9,69

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	39,96	35	-	-	-
Повторений	9,74	2	-	-	-
Фактор (А)	12,68	3	4,22	7,4	3,05
Фактор (В)	1,67	2	0,83	1,46	3,44
Взаимодействия (АВ)	3,32	6	0,55	0,97	2,55
Остаточное (ошибки)	12,56	22	0,57	-	-

Ошибка опыта, %	4,5
Ошибка разности средних	0,62
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	1,28
Ошибка разности средних по фактору А	0,36
НСР ₀₅ (фактор А)	0,74
Влияние фактора А, %	43
Влияние фактора В, %	5
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	7
Влияние повторений, %	25
Влияние ошибки, %	20

А4. Толщина стебля сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, мм (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Толщина стебля по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	7,67	8,07	9,67	25,41	8,47
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	7,67	8,0	8,33	24,0	8,0
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	8,0	9,67	8,33	26,0	8,67
Hidaka	Контроль, без обработки	7,53	7,27	9,67	24,47	8,16
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	7,0	7,07	11,0	25,07	8,36
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	7,67	7,0	10,0	24,67	8,22
А	Контроль, без обработки	9,6	9,27	10,33	29,2	9,73
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	9,53	9,0	10,17	28,7	9,57
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	10,33	11,17	11,17	32,67	10,89
F	Контроль, без обработки	10,73	9,47	11,0	31,2	10,4
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	9,3	8,8	12,0	30,1	10,03
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	9,93	9,53	11,5	30,96	10,32
Сумма Р		105,0	104,3	123,2	$\Sigma=332,5$	$\bar{x}=9,24$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	69,09	35	-	-	-
Повторений	19,09	2	-	-	-
Фактор (А)	30,87	3	10,29	15,08	3,05
Фактор (В)	1,76	2	0,88	1,29	3,44
Взаимодействия (АВ)	2,35	6	0,39	0,57	2,55
Остаточное (ошибки)	15,02	22	0,68	-	-

Ошибка опыта, %	5,2
Ошибка разности средних	0,67
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	1,4
Ошибка разности средних по фактору А	0,39
НСР ₀₅ (фактор А)	0,81
Влияние фактора А, %	47
Влияние фактора В, %	3
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	3
Влияние повторений, %	28
Влияние ошибки, %	19

Приложение В

В1. Высота прикрепления нижнего боба сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, см

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Высота прикрепления нижнего боба по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	16,0	16,1	16,5	48,6	16,2
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	15,5	15,88	15,7	47,08	15,69
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	16,0	15,0	16,5	47,5	15,83
Hidaka	Контроль, без обработки	13,4	12,68	14,02	40,1	13,37
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	13,0	13,2	13,8	40,0	13,33
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	14,0	13,7	14,6	42,3	14,1
А	Контроль, без обработки	9,55	9,15	13,4	32,1	10,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	8,65	9,0	12,6	30,25	10,08
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	9,75	9,5	12,8	32,05	10,68
F	Контроль, без обработки	11,65	11,7	14,5	37,85	12,62
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	9,7	9,8	12,6	32,1	10,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	10,2	11,2	13,7	35,1	11,7
Сумма Р		147,4	146,91	170,72	$\Sigma=465,03$	$\bar{x}=12,92$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	207,17	35	-	-	-
Повторений	30,86	2	-	-	-
Фактор (А)	151,77	3	50,59	66,43	3,05
Фактор (В)	4,01	2	2,01	2,63	3,44
Взаимодействия (АВ)	3,78	6	0,63	0,83	2,55
Остаточное (ошибки)	16,75	22	0,76	-	-

Ошибка опыта, %	3,9
Ошибка разности средних	0,71
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	1,47
Ошибка разности средних по фактору А	0,41
НСР ₀₅ (фактор А)	0,85
Влияние фактора А, %	73
Влияние фактора В, %	2
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	2
Влияние повторений, %	15
Влияние ошибки, %	8

В2. Высота прикрепления нижнего боба сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, см

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Высота прикрепления нижнего боба по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	15,4	15,5	15,9	46,8	15,6
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	14,9	15,28	15,1	45,28	15,09
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	15,4	14,4	15,9	45,7	15,23
Hidaka	Контроль, без обработки	12,8	12,08	13,42	38,3	12,77
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	12,4	12,6	13,2	38,2	12,73
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	13,4	13,1	14,0	40,5	13,5
А	Контроль, без обработки	8,95	8,55	12,8	30,3	10,1
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	8,05	8,4	12,0	28,45	9,48
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	9,15	8,9	12,2	30,25	10,08
F	Контроль, без обработки	11,05	11,1	13,9	36,05	12,02
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	9,1	9,2	12,0	30,3	10,1
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	9,6	10,6	13,1	33,3	11,1
Сумма Р		140,2	139,71	163,52	$\Sigma=443,43$	$x=12,32$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	207,17	35	-	-	-
Повторений	30,86	2	-	-	-
Фактор (А)	151,77	3	50,59	66,43	3,05
Фактор (В)	4,01	2	2,01	2,63	3,44
Взаимодействия (АВ)	3,78	6	0,63	0,83	2,55
Остаточное (ошибки)	16,75	22	0,76	-	-

Ошибка опыта, %	4,1
Ошибка разности средних	0,71
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	1,47
Ошибка разности средних по фактору А	0,41
НСР ₀₅ (фактор А)	0,85
Влияние фактора А, %	73
Влияние фактора В, %	2
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	2
Влияние повторений, %	15
Влияние ошибки, %	8

ВЗ. Высота прикрепления нижнего боба сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, см

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Высота прикрепления нижнего боба по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	16,33	16,43	16,83	49,59	16,53
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	15,83	16,21	16,03	48,07	16,02
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	16,33	15,33	16,83	48,49	16,16
Hidaka	Контроль, без обработки	13,73	13,01	14,35	41,09	13,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	13,33	13,53	14,13	40,99	13,66
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	14,33	14,03	14,93	43,29	14,43
А	Контроль, без обработки	9,88	9,48	13,73	33,09	11,03
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	8,98	9,33	12,93	31,24	10,41
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	10,08	9,83	13,13	33,04	11,01
F	Контроль, без обработки	11,98	12,03	14,83	38,84	12,95
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	10,03	10,13	12,93	33,09	11,03
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	10,53	11,53	14,03	36,09	12,03
Сумма Р		151,36	150,87	174,68	$\Sigma=476,91$	$x=13,25$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	207,17	35	-	-	-
Повторений	30,86	2	-	-	-
Фактор (А)	151,77	3	50,59	66,43	3,05
Фактор (В)	4,01	2	2,01	2,63	3,44
Взаимодействия (АВ)	3,78	6	0,63	0,83	2,55
Остаточное (ошибки)	16,75	22	0,76	-	-

Ошибка опыта, %	3,8
Ошибка разности средних	0,71
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	1,47
Ошибка разности средних по фактору А	0,41
НСР ₀₅ (фактор А)	0,85
Влияние фактора А, %	73
Влияние фактора В, %	2
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	2
Влияние повторений, %	15
Влияние ошибки, %	8

В4. Высота прикрепления нижнего боба сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, см (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Высота прикрепления нижнего боба по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	15,91	16,01	16,41	48,33	16,11
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	15,41	15,79	15,61	46,81	15,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	15,91	14,91	16,41	47,23	15,74
Hidaka	Контроль, без обработки	13,31	12,59	13,93	39,83	13,28
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	12,91	13,11	13,71	39,73	13,24
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	13,91	13,61	14,51	42,03	14,01
А	Контроль, без обработки	9,46	9,06	13,31	31,83	10,61
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	8,56	8,91	12,51	29,98	9,99
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	9,66	9,41	12,71	31,78	10,59
F	Контроль, без обработки	11,56	11,61	14,41	37,58	12,53
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	9,61	9,71	12,51	31,83	10,61
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	10,11	11,11	13,61	34,83	11,61
Сумма Р		146,32	145,83	169,64	$\Sigma=461,79$	$x=12,83$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	207,17	35	-	-	-
Повторений	30,86	2	-	-	-
Фактор (А)	151,77	3	50,59	66,43	3,05
Фактор (В)	4,01	2	2,01	2,63	3,44
Взаимодействия (АВ)	3,78	6	0,63	0,83	2,55
Остаточное (ошибки)	16,75	22	0,76	-	-

Ошибка опыта, %	3,9
Ошибка разности средних	0,71
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	1,47
Ошибка разности средних по фактору А	0,41
НСР ₀₅ (фактор А)	0,85
Влияние фактора А, %	73
Влияние фактора В, %	2
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	2
Влияние повторений, %	15
Влияние ошибки, %	8

Приложение С

С1. Количество бобов на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество бобов на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	35,0	37,09	34,89	106,98	35,66
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	33,8	36,09	32,12	102,01	34,0
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	36,0	38,5	33,81	108,31	36,1
Hidaka	Контроль, без обработки	33,9	35,52	29,89	99,31	33,1
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	36,6	36,2	36,71	109,51	36,5
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	33,0	33,8	31,73	98,53	32,84
А	Контроль, без обработки	34,3	38,2	34,71	107,21	35,74
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	37,0	37,8	37,12	111,92	37,31
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	36,3	33,6	35,81	105,71	35,24
F	Контроль, без обработки	36,6	37,84	35,72	110,16	36,72
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	37,4	38,2	36,4	112,0	37,33
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	34,3	38,7	35,45	108,45	36,15
Сумма Р		424,2	441,54	414,36	$\Sigma=1280,1$	$x=35,56$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	144,34	35	-	-	-
Повторений	31,56	2	-	-	-
Фактор (А)	33,7	3	11,23	6,57	3,05
Фактор (В)	9,84	2	4,92	2,88	3,44
Взаимодействия (АВ)	31,63	6	5,27	3,08	2,55
Остаточное (ошибки)	37,6	22	1,71	-	-

Ошибка опыта, %	2,1
Ошибка разности средних	1,07
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,21
Ошибка разности средних по фактору А	0,62
НСР ₀₅ (фактор А)	1,28
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,53
НСР ₀₅ (АВ)	1,1
Влияние фактора А, %	23
Влияние фактора В, %	7
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	21
Влияние повторений, %	22
Влияние ошибки, %	26

С2. Количество бобов на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество бобов на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	35,81	37,94	35,69	109,44	36,48
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	34,58	36,92	32,86	104,36	34,79
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	36,83	39,39	34,59	110,81	36,94
Hidaka	Контроль, без обработки	34,68	36,34	30,58	101,6	33,87
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	37,44	37,03	37,55	112,02	37,34
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	33,76	34,58	32,46	100,8	33,6
А	Контроль, без обработки	35,09	39,08	35,51	109,68	36,56
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	37,85	38,67	37,97	114,49	38,16
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	37,13	34,37	36,63	108,13	36,04
F	Контроль, без обработки	37,44	38,71	36,54	112,69	37,56
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	38,26	39,08	37,24	114,58	38,19
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	35,09	39,57	36,27	110,93	36,98
Сумма Р		433,96	451,68	423,89	$\Sigma=1309,5$	$x=36,38$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	150,84	35	-	-	-
Повторений	32,99	2	-	-	-
Фактор (А)	35,21	3	11,74	6,58	3,05
Фактор (В)	10,3	2	5,15	2,89	3,44
Взаимодействия (АВ)	33,07	6	5,51	3,09	2,55
Остаточное (ошибки)	39,26	22	1,78	-	-

Ошибка опыта, %	2,1
Ошибка разности средних	1,09
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,26
Ошибка разности средних по фактору А	0,63
НСР ₀₅ (фактор А)	1,3
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,54
НСР ₀₅ (АВ)	1,13
Влияние фактора А, %	23
Влияние фактора В, %	7
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	22
Влияние повторений, %	22
Влияние ошибки, %	26

СЗ. Количество бобов на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество бобов на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	36,69	38,88	36,57	112,14	37,38
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	35,43	37,83	33,67	106,93	35,64
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	37,73	40,35	35,44	113,52	37,84
Hidaka	Контроль, без обработки	35,53	37,23	31,33	104,09	34,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	38,36	37,94	38,48	114,78	38,26
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	34,59	35,43	33,26	103,28	34,43
А	Контроль, без обработки	36,09	40,2	36,52	112,81	37,6
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	38,93	39,78	39,06	117,77	39,26
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	38,2	35,36	37,68	111,24	37,08
F	Контроль, без обработки	38,51	39,82	37,59	115,92	38,64
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	39,35	40,2	38,3	117,85	39,28
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	36,09	40,72	37,16	113,97	37,99
Сумма Р		445,5	463,74	435,06	$\Sigma=1344,3$	$x=37,34$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	163,9	35	-	-	-
Повторений	35,12	2	-	-	-
Фактор (А)	41,68	3	13,89	7,39	3,05
Фактор (В)	11,01	2	5,51	2,93	3,44
Взаимодействия (АВ)	34,76	6	5,79	3,08	2,55
Остаточное (ошибки)	41,33	22	1,88	-	-

Ошибка опыта, %	2,1
Ошибка разности средних	1,12
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,32
Ошибка разности средних по фактору А	0,65
НСР ₀₅ (фактор А)	1,34
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,56
НСР ₀₅ (АВ)	1,16
Влияние фактора А, %	26
Влияние фактора В, %	7
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	21
Влияние повторений, %	22
Влияние ошибки, %	25

С4. Количество бобов на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, штук (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество бобов на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	35,83	37,97	35,72	109,52	36,51
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	34,6	36,95	32,88	104,43	34,81
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	36,85	39,41	34,61	110,87	36,96
Hidaka	Контроль, без обработки	34,7	36,36	30,6	101,66	33,89
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	37,47	37,06	37,58	112,11	37,37
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	33,78	34,6	32,48	100,86	33,62
А	Контроль, без обработки	35,16	39,16	35,58	109,9	36,63
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	37,93	38,75	38,05	114,73	38,24
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	37,21	34,44	36,71	108,36	36,12
F	Контроль, без обработки	37,52	38,79	36,62	112,93	37,64
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	38,34	39,16	37,31	114,81	38,27
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	35,16	39,66	36,29	111,11	37,04
Сумма Р		434,55	452,31	424,43	$\Sigma=1311,3$	$\bar{x}=36,42$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	153,01	35	-	-	-
Повторений	33,2	2	-	-	-
Фактор (А)	36,82	3	12,27	6,85	3,05
Фактор (В)	10,42	2	5,21	2,91	3,44
Взаимодействия (АВ)	33,19	6	5,53	3,09	2,55
Остаточное (ошибки)	39,39	22	1,79	-	-

Ошибка опыта, %	2,1
Ошибка разности средних	1,09
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,26
Ошибка разности средних по фактору А	0,63
НСР ₀₅ (фактор А)	1,31
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	0,55
НСР ₀₅ (АВ)	1,13
Влияние фактора А, %	29
Влияние фактора В, %	7
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	22
Влияние повторений, %	22
Влияние ошибки, %	20

Приложение D

D1. Количество ветвей на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество ветвей на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	3,0	3,25	2,5	8,75	2,92
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,3	3,3	2,7	9,3	3,1
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,0	4,0	3,0	10,0	3,33
Hidaka	Контроль, без обработки	3,6	3,36	3,0	9,96	3,32
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,0	3,7	3,1	10,8	3,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,0	3,7	2,8	10,5	3,5
А	Контроль, без обработки	3,5	3,5	3,1	10,1	3,37
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,2	3,4	2,9	9,5	3,17
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,4	3,6	3,3	10,3	3,43
F	Контроль, без обработки	3,2	3,1	3,6	9,9	3,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,4	3,45	3,2	10,05	3,35
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,7	4,0	3,5	11,2	3,73
Сумма Р		41,3	42,36	36,7	Σ=120,36	x=3,34

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	4,74	35	-	-	-
Повторений	1,51	2	-	-	-
Фактор (А)	0,74	3	0,25	3,3	3,05
Фактор (В)	0,48	2	0,24	3,18	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,36	6	0,06	0,79	2,55
Остаточное (ошибки)	1,65	22	0,07	-	-

Ошибка опыта, %	4,8
Ошибка разности средних	0,22
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,46
Ошибка разности средних по фактору А	0,13
НСР ₀₅ (фактор А)	0,27
Влияние фактора А, %	22
Влияние фактора В, %	17
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	0
Влияние повторений, %	37
Влияние ошибки, %	24

D2. Количество ветвей на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество ветвей на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	3,36	3,64	2,8	9,8	3,27
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,7	3,7	3,02	10,42	3,47
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,36	4,48	3,36	11,2	3,73
Hidaka	Контроль, без обработки	4,03	3,76	3,36	11,15	3,72
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,48	4,14	3,47	12,09	4,03
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,48	4,14	3,14	11,76	3,92
А	Контроль, без обработки	3,92	3,92	3,47	11,31	3,77
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,58	3,81	3,25	10,64	3,55
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,81	4,03	3,7	11,54	3,85
F	Контроль, без обработки	3,58	3,47	4,03	11,08	3,69
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,81	3,86	3,58	11,25	3,75
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,14	4,48	3,92	12,54	4,18
Сумма Р		46,25	47,43	41,1	$\Sigma=134,78$	$x=3,74$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	5,94	35	-	-	-
Повторений	1,89	2	-	-	-
Фактор (А)	0,92	3	0,31	3,26	3,05
Фактор (В)	0,6	2	0,3	3,2	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,44	6	0,07	0,79	2,55
Остаточное (ошибки)	2,08	22	0,09	-	-

Ошибка опыта, %	4,8
Ошибка разности средних	0,25
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,52
Ошибка разности средних по фактору А	0,14
НСР ₀₅ (фактор А)	0,3
Влияние фактора А, %	9
Влияние фактора В, %	4
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	23
Влияние повторений, %	27
Влияние ошибки, %	37

Д3. Количество ветвей на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество ветвей на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	3,75	4,07	3,13	10,95	3,65
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,13	4,13	3,38	11,64	3,88
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,75	5,0	3,75	12,5	4,17
Hidaka	Контроль, без обработки	3,77	3,51	3,14	10,42	3,47
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	5,0	4,63	3,88	13,51	4,5
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	5,0	4,63	3,5	13,13	4,38
А	Контроль, без обработки	3,66	3,66	3,24	10,56	3,52
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,35	3,56	3,03	9,94	3,31
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,56	3,77	3,45	10,78	3,59
F	Контроль, без обработки	3,35	3,24	3,77	10,36	3,45
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,56	3,61	3,35	10,52	3,51
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,87	4,18	3,66	11,71	3,9
Сумма Р		46,75	47,99	41,28	$\Sigma=136,02$	$x=3,78$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	9,59	35	-	-	-
Повторений	2,12	2	-	-	-
Фактор (А)	2,21	3	0,74	6,59	3,05
Фактор (В)	1,42	2	0,71	6,36	3,44
Взаимодействия (АВ)	1,36	6	0,23	2,02	2,55
Остаточное (ошибки)	2,47	22	0,11	-	-

Ошибка опыта, %	5,0
Ошибка разности средних	0,27
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,57
Ошибка разности средних по фактору А	0,16
НСР ₀₅ (фактор А)	0,33
Ошибка разности средних по фактору В	0,14
НСР ₀₅ (фактор В)	0,28
Влияние фактора А, %	23
Влияние фактора В, %	14
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	16
Влияние повторений, %	22
Влияние ошибки, %	25

D4. Количество ветвей на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, штук (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество ветвей на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	3,37	3,65	2,81	9,83	3,28
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,71	3,71	3,03	10,45	3,48
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,37	4,49	3,37	11,23	3,74
Hidaka	Контроль, без обработки	3,8	3,54	3,17	10,51	3,5
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,49	4,16	3,48	12,13	4,04
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,49	4,16	3,15	11,8	3,93
А	Контроль, без обработки	3,69	3,69	3,27	10,65	3,55
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,38	3,59	3,06	10,03	3,34
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,59	3,8	3,48	10,87	3,62
F	Контроль, без обработки	3,38	3,27	3,8	10,45	3,48
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,59	3,64	3,38	10,61	3,54
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,9	4,22	3,69	11,81	3,94
Сумма Р		44,76	45,92	39,69	$\Sigma=130,37$	$x=3,62$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	5,82	35	-	-	-
Повторений	1,83	2	-	-	-
Фактор (А)	0,64	3	0,21	2,3	3,05
Фактор (В)	0,77	2	0,38	4,14	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,54	6	0,09	0,98	2,55
Остаточное (ошибки)	2,04	22	0,09	-	-

Ошибка опыта, %	5,0
Ошибка разности средних	0,25
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,51
Ошибка разности средних по фактору В	0,12
НСР ₀₅ (фактор В)	0,26
Влияние фактора А, %	28
Влияние фактора В, %	30
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	6
Влияние повторений, %	18
Влияние ошибки, %	18

Приложение Е

Е1. Количество продуктивных узлов на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Число продуктивных узлов на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	22,0	25,83	23,3	71,13	23,71
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	23,1	26,2	20,46	69,76	23,25
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	25,0	29,0	24,8	78,8	26,27
Hidaka	Контроль, без обработки	21,6	21,6	20,8	64,0	21,33
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	28,0	28,0	27,7	83,7	27,9
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	21,0	21,4	23,45	65,85	21,95
А	Контроль, без обработки	24,1	27,0	25,6	76,7	25,57
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	27,2	27,7	28,1	83,0	27,67
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	26,4	28,7	27,4	82,5	27,5
F	Контроль, без обработки	27,1	28,7	26,4	82,2	27,4
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	27,0	27,43	25,7	80,13	26,71
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	25,4	29,1	27,9	82,4	27,47
Сумма Р		297,9	320,66	301,61	$\Sigma=920,17$	$\bar{x}=25,56$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{факт.}	F ₀₅
Общее	244,55	35	-	-	-
Повторений	24,85	2	-	-	-
Фактор (А)	82,52	3	27,51	18,22	3,05
Фактор (В)	22,2	2	11,1	7,35	3,44
Взаимодействия (АВ)	81,75	6	13,62	9,02	2,55
Остаточное (ошибки)	33,21	22	1,51	-	-

Ошибка опыта, %	2,8
Ошибка разности средних	1,0
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,08
Ошибка разности средних по фактору А	0,58
НСР ₀₅ (фактор А)	1,2
Ошибка разности средних по фактору В, АВ	0,5
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	1,04
Влияние фактора А, %	34
Влияние фактора В, %	9
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	33
Влияние повторений, %	10
Влияние ошибки, %	14

Е2. Количество продуктивных узлов на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество продуктивных узлов на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	21,93	25,75	23,23	70,91	23,64
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	23,03	26,12	20,4	69,55	23,18
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	24,93	28,91	24,73	78,57	26,19
Hidaka	Контроль, без обработки	21,32	21,32	20,53	63,17	21,06
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	27,64	27,92	27,62	83,18	27,73
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	20,94	21,34	23,38	65,66	21,89
А	Контроль, без обработки	23,79	26,65	25,27	75,71	25,24
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	26,85	27,34	27,73	81,92	27,31
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	26,06	28,33	27,04	81,43	27,14
F	Контроль, без обработки	26,75	28,33	26,06	81,14	27,05
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	26,65	27,07	25,37	79,09	26,36
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	25,07	28,72	27,54	81,33	27,11
Сумма Р		294,96	317,8	298,9	$\Sigma=911,66$	$x=25,32$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	232,63	35	-	-	-
Повторений	24,84	2	-	-	-
Фактор (А)	71,37	3	23,79	16,15	3,05
Фактор (В)	22,88	2	11,44	7,77	3,44
Взаимодействия (АВ)	81,14	6	13,52	9,18	2,55
Остаточное (ошибки)	32,4	22	1,47	-	-

Ошибка опыта, %	2,8
Ошибка разности средних	0,99
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,05
Ошибка разности средних по фактору А	0,57
НСР ₀₅ (фактор А)	1,18
Ошибка разности средних по фактору В, АВ	0,49
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	1,02
Влияние фактора А, %	31
Влияние фактора В, %	10
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	35
Влияние повторений, %	11
Влияние ошибки, %	13

Е3. Количество продуктивных узлов на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество продуктивных узлов на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	23,64	27,76	25,04	76,44	25,48
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	24,83	28,16	21,99	74,98	24,99
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	26,87	31,17	26,65	84,69	28,23
Hidaka	Контроль, без обработки	22,98	22,98	22,13	68,09	22,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	29,79	30,09	29,77	89,65	29,88
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	22,57	23,0	25,2	70,77	23,59
А	Контроль, без обработки	25,52	28,59	27,11	81,22	27,07
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	28,81	29,34	29,76	87,91	29,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	27,96	30,39	29,02	87,37	29,12
F	Контроль, без обработки	28,7	30,39	27,96	87,05	29,02
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	28,59	29,05	27,22	84,86	28,29
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	26,9	30,82	29,69	87,41	29,14
Сумма Р		317,16	341,74	321,54	$\Sigma=980,44$	$\bar{x}=27,23$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	263,84	35	-	-	-
Повторений	28,65	2	-	-	-
Фактор (А)	76,47	3	25,49	14,79	3,05
Фактор (В)	26,68	2	13,34	7,74	3,44
Взаимодействия (АВ)	94,12	6	15,69	9,1	2,55
Остаточное (ошибки)	37,91	22	1,72	-	-

Ошибка опыта, %	2,8
Ошибка разности средних	1,07
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,22
Ошибка разности средних по фактору А	0,62
НСР ₀₅ (фактор А)	1,28
Ошибка разности средних по фактору В, АВ	0,54
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	1,11
Влияние фактора А, %	29
Влияние фактора В, %	10
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	36
Влияние повторений, %	11
Влияние ошибки, %	14

Е4. Количество продуктивных узлов на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, штук (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество продуктивных узлов на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	22,52	26,45	23,86	72,83	24,28
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	23,65	26,83	20,95	71,43	23,81
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	25,6	29,69	25,39	80,68	26,89
Hidaka	Контроль, без обработки	21,97	21,97	21,15	65,09	21,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	28,48	28,67	28,36	85,51	28,5
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	21,5	21,91	24,01	67,42	22,47
А	Контроль, без обработки	24,47	27,41	25,99	77,87	25,96
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	27,62	28,13	28,53	84,28	28,09
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	26,81	29,14	27,82	83,77	27,92
F	Контроль, без обработки	27,52	29,14	26,81	83,47	27,82
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	27,41	27,85	26,1	81,36	27,12
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	25,79	29,55	28,38	83,72	27,91
Сумма Р		303,34	326,74	307,35	$\Sigma=937,43$	$\bar{x}=26,04$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	246,77	35	-	-	-
Повторений	26,1	2	-	-	-
Фактор (А)	76,75	3	25,58	16,33	3,05
Фактор (В)	23,87	2	11,93	7,62	3,44
Взаимодействия (АВ)	85,58	6	14,26	9,1	2,55
Остаточное (ошибки)	34,47	22	1,57	-	-

Ошибка опыта, %	2,8
Ошибка разности средних	1,02
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,12
Ошибка разности средних по фактору А	0,59
НСР ₀₅ (фактор А)	1,22
Ошибка разности средних по фактору В, АВ	0,51
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	1,06
Влияние фактора А, %	31
Влияние фактора В, %	10
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	35
Влияние повторений, %	11
Влияние ошибки, %	13

F1. Высота растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, см

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Высота растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	83,74	83,66	86,5	253,9	84,63
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	85,0	86,07	85,6	256,67	85,56
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	81,0	83,0	87,7	251,7	83,9
Hidaka	Контроль, без обработки	64,4	62,93	68,8	196,13	65,38
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	68,0	66,4	70,5	204,9	68,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	77,0	80,6	75,3	232,9	77,63
А	Контроль, без обработки	57,32	69,2	65,6	192,12	64,04
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	60,0	57,3	61,4	178,7	59,57
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	64,7	63,0	62,8	190,5	63,5
F	Контроль, без обработки	74,5	73,7	71,45	219,65	73,22
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	77,0	76,1	69,81	222,91	74,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	69,95	69,43	73,23	212,61	70,87
Сумма Р		862,61	871,39	878,69	$\Sigma=2612,69$	$\bar{x}=72,57$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	2806,33	35	-	-	-
Повторений	10,8	2	-	-	-
Фактор (А)	2301,49	3	767,16	88,94	3,05
Фактор (В)	35,41	2	17,71	2,05	3,44
Взаимодействия (АВ)	268,85	6	44,81	5,19	2,55
Остаточное (ошибки)	189,77	22	8,63	-	-

Ошибка опыта, %	2,3
Ошибка разности средних	2,4
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	4,96
Ошибка разности средних по фактору А	1,38
НСР ₀₅ (фактор А)	2,87
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	1,2
НСР ₀₅ (АВ)	2,48
Влияние фактора А, %	82
Влияние фактора В, %	1
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	10
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	7

F2. Высота растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, см

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Высота растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	87,26	87,17	90,13	264,56	88,19
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	88,57	89,68	89,2	267,45	89,15
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	84,4	86,49	91,38	262,27	87,42
Hidaka	Контроль, без обработки	67,1	65,57	71,69	204,36	68,12
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	70,86	69,19	73,46	213,51	71,17
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	80,23	83,99	78,46	242,68	80,89
А	Контроль, без обработки	59,73	72,11	68,36	200,2	66,73
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	62,52	59,71	63,98	186,21	62,07
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	67,42	65,65	65,44	198,51	66,17
F	Контроль, без обработки	77,63	76,8	74,45	228,88	76,29
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	80,23	79,3	72,74	232,27	77,42
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	72,89	72,35	76,31	221,55	73,85
Сумма Р		898,84	908,01	915,6	$\Sigma=2722,45$	$x=75,62$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	3046,47	35	-	-	-
Повторений	11,74	2	-	-	-
Фактор (А)	2498,25	3	832,75	88,89	3,05
Фактор (В)	38,48	2	19,24	2,05	3,44
Взаимодействия (АВ)	291,9	6	48,65	5,19	2,55
Остаточное (ошибки)	206,1	22	9,37	-	-

Ошибка опыта, %	2,3
Ошибка разности средних	2,5
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	5,17
Ошибка разности средних по фактору А	1,44
НСР ₀₅ (фактор А)	2,99
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	1,25
НСР ₀₅ (АВ)	2,59
Влияние фактора А, %	82
Влияние фактора В, %	1
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	10
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	7

ФЗ. Высота растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, см

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Высота растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	95,02	94,93	98,15	288,1	96,03
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	96,45	97,67	97,13	291,25	97,08
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	91,91	94,18	99,52	285,61	95,2
Hidaka	Контроль, без обработки	72,94	71,28	77,93	222,15	74,05
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	77,16	75,35	80,0	232,51	77,5
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	87,37	91,46	85,45	264,28	88,09
А	Контроль, без обработки	64,92	78,38	74,3	217,6	72,53
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	67,96	64,9	69,54	202,4	67,47
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	73,28	71,36	71,13	215,77	71,92
F	Контроль, без обработки	84,38	83,48	80,93	248,79	82,93
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	87,21	86,19	79,07	252,47	84,16
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	79,23	78,64	82,94	240,81	80,27
Сумма Р		977,83	987,82	996,09	$\Sigma=2961,74$	$x=82,27$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	3645,56	35	-	-	-
Повторений	13,93	2	-	-	-
Фактор (А)	2991,77	3	997,26	90,05	3,05
Фактор (В)	46,36	2	23,18	2,09	3,44
Взаимодействия (АВ)	349,85	6	58,31	5,26	2,55
Остаточное (ошибки)	243,65	22	11,07	-	-

Ошибка опыта, %	2,3
Ошибка разности средних	2,72
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	5,62
Ошибка разности средних по фактору А	1,57
НСР ₀₅ (фактор А)	3,25
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	1,36
НСР ₀₅ (АВ)	2,81
Влияние фактора А, %	82
Влияние фактора В, %	1
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	10
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	7

Ф4. Высота растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, см (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Высота растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	88,67	88,59	91,59	268,85	89,62
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	90,01	91,14	90,64	271,79	90,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	85,77	87,89	92,87	266,53	88,84
Hidaka	Контроль, без обработки	68,15	66,59	72,81	207,55	69,18
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	72,01	70,31	74,65	216,97	72,32
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	81,53	85,35	79,74	246,62	82,21
А	Контроль, без обработки	60,66	73,23	69,42	203,31	67,77
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	63,49	60,64	64,97	189,1	63,03
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	68,47	66,67	66,46	201,6	67,2
F	Контроль, без обработки	78,84	77,99	75,61	232,44	77,48
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	81,48	80,53	73,87	235,88	78,63
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	74,02	73,47	77,49	224,98	74,99
Сумма Р		913,1	922,4	930,12	$\Sigma=2765,62$	$\bar{x}=76,82$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	3,156,37	35	-	-	-
Повторений	12,1	2	-	-	-
Фактор (А)	2589,06	3	863,02	89,31	3,05
Фактор (В)	39,96	2	19,98	2,07	3,44
Взаимодействия (АВ)	302,64	6	50,44	5,22	2,55
Остаточное (ошибки)	212,6	22	9,66	-	-

Ошибка опыта, %	2,3
Ошибка разности средних	2,54
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	5,25
Ошибка разности средних по фактору А	1,46
НСР ₀₅ (фактор А)	3,03
Ошибка разности средних по взаимодействию АВ	1,27
НСР ₀₅ (АВ)	2,63
Влияние фактора А, %	82
Влияние фактора В, %	1
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	10
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	7

Приложение G

G1. Срок наступления технической спелости сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, дней

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Срок наступления технической спелости по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	75	73	77	225	75
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	76	72	76	224	74,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	74	74	74	222	74
Hidaka	Контроль, без обработки	81	82	80	243	81
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	82	84	81	247	82,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	83	85	80	248	82,7
А	Контроль, без обработки	75	77	72	224	74,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	76	80	79	235	78,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	78	75	76	229	76,3
F	Контроль, без обработки	69	85	86	240	80
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	68	86	84	238	79,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	65	87	83	235	78,3
Сумма Р		902	960	948	$\Sigma=2810$	$x=78$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	1031,89	35	-	-	-
Повторений	156,22	2	-	-	-
Фактор (А)	285,89	3	95,3	3,75	3,05
Фактор (В)	6,89	2	3,44	0,13	3,44
Взаимодействия (АВ)	23,78	6	3,96	0,16	2,55
Остаточное (ошибки)	559,11	22	25,41	-	-

Ошибка опыта, %	3,7
Ошибка разности средних	4,12
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	8,52
Ошибка разности средних по фактору А	2,38
НСР ₀₅ (фактор А)	4,92
Влияние фактора А, %	58
Влияние фактора В, %	1
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	2
Влияние повторений, %	15
Влияние ошибки, %	24

G2. Срок наступления технической спелости сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, дней

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Срок наступления технической спелости по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	77	76	79	232	77,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	80	77	72	229	76,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	70	70	75	215	71,7
Hidaka	Контроль, без обработки	80	79	82	241	80,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	79	81	80	240	80
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	83	82	82	247	82,3
А	Контроль, без обработки	76	75	72	223	74,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	76	81	77	234	78
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	79	75	76	230	76,7
F	Контроль, без обработки	70	84	85	239	79,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	70	86	84	240	80
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	67	85	84	236	78,7
Сумма Р		907	951	948	$\Sigma=2806$	$x=77,9$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	871,89	35	-	-	-
Повторений	100,72	2	-	-	-
Фактор (А)	193,89	3	64,63	2,91	3,05
Фактор (В)	9,39	2	4,69	0,21	3,44
Взаимодействия (АВ)	78,61	6	13,1	0,59	2,55
Остаточное (ошибки)	489,28	22	22,24	-	-

Ошибка опыта, %	3,5
Ошибка разности средних	3,85
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	7,97
Влияние фактора А, %	22
Влияние фактора В, %	1
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	9
Влияние повторений, %	12
Влияние ошибки, %	56

Г3. Срок наступления технической спелости сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, дней

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Срок наступления технической спелости по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	79	75	77	231	77
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	75	76	75	226	75,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	75	77	80	232	77,3
Hidaka	Контроль, без обработки	80	81	83	244	81,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	79	83	82	244	81,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	80	90	82	252	84
А	Контроль, без обработки	77	80	71	228	76
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	75	79	75	229	76,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	77	79	80	236	78,7
F	Контроль, без обработки	70	82	81	233	77,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	76	80	85	241	80,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	69	85	81	235	78,3
Сумма Р		912	967	952	$\Sigma=2831$	$x=78,6$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	640,31	35	-	-	-
Повторений	134,72	2	-	-	-
Фактор (А)	178,97	3	59,66	4,67	3,05
Фактор (В)	16,72	2	8,36	0,65	3,44
Взаимодействия (АВ)	28,61	6	4,77	0,37	2,55
Остаточное (ошибки)	281,28	22	12,78	-	-

Ошибка опыта, %	2,6
Ошибка разности средних	2,92
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	6,04
Ошибка разности средних по фактору А	1,69
НСР ₀₅ (фактор А)	3,49
Влияние фактора А, %	48
Влияние фактора В, %	3
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	5
Влияние повторений, %	21
Влияние ошибки, %	23

G4. Срок наступления технической спелости сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, дней (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Срок наступления технической спелости по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	77	74,7	77,7	229,4	76,5
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	77	75	74,3	226,3	75,4
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	73	73,7	76,3	223	74,3
Hidaka	Контроль, без обработки	80,3	80,7	81,7	242,7	80,9
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	80	82,7	81	243,7	81,2
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	82	85,7	81,3	249	83
А	Контроль, без обработки	76	77,3	71,7	225	75
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	75,7	80	77	232,7	77,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	78	76,3	77,3	231,6	77,2
F	Контроль, без обработки	69,7	83,7	84	237,4	79,13
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	71,3	84	84,3	239,6	79,87
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	67	85,7	82,7	235,4	78,5
Сумма Р		907	959,5	949,3	$\Sigma=2815,8$	$x=78,2$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	746,09	35	-	-	-
Повторений	129,15	2	-	-	-
Фактор (А)	212,52	3	70,84	4,15	3,05
Фактор (В)	2,55	2	1,28	0,07	3,44
Взаимодействия (АВ)	26,42	6	4,4	0,26	2,55
Остаточное (ошибки)	375,44	22	17,06	-	-

Ошибка опыта, %	3,1
Ошибка разности средних	3,37
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	6,98
Ошибка разности средних по фактору А	1,95
НСР ₀₅ (фактор А)	4,03
Влияние фактора А, %	60
Влияние фактора В, %	0
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	3
Влияние повторений, %	17
Влияние ошибки, %	20

Приложение Н

Н1. Доля растений сои овощной с клубеньками в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, %

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Доля растений с клубеньками по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	50	60	60	170	56,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	80	80	80	240	80
Hidaka	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	60	70	50	180	60
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	80	90	100	270	90
А	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	60	60	50	170	56,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	100	100	90	290	96,7
F	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	50	60	70	180	60
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	90	90	100	280	93,3
Сумма Р		570	610	600	$\Sigma=1780$	$x=49,4$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	51388,89	35	-	-	-
Повторений	72,22	2	-	-	-
Фактор (А)	188,89	3	62,96	1,74	3,05
Фактор (В)	50022,22	2	25011,11	692,61	3,44
Взаимодействия (АВ)	311,11	6	51,85	1,44	2,55
Остаточное (ошибки)	794,44	22	36,11	-	-

Ошибка опыта, %	6,9
Ошибка разности средних	4,91
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	10,16
Ошибка разности средних по фактору В	2,45
НСР ₀₅ (фактор В)	5,08
Влияние фактора А, %	0
Влияние фактора В, %	97
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	1
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	2

Н2. Доля растений сои овощной с клубеньками в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, %

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Доля растений с клубеньками по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	60	70	60	190	63,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	80	90	80	250	83,3
Hidaka	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	60	60	50	170	56,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	70	90	100	260	86,7
А	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	70	70	60	200	66,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	90	100	100	290	96,7
F	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	60	60	80	200	66,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	90	90	100	280	93,3
Сумма Р		580	630	630	$\Sigma=1840$	x=51,1

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	52955,56	35	-	-	-
Повторений	138,89	2	-	-	-
Фактор (А)	288,89	3	96,3	2,13	3,05
Фактор (В)	51288,89	2	25644,44	567,33	3,44
Взаимодействия (АВ)	244,44	6	40,74	0,9	2,55
Остаточное (ошибки)	994,44	22	45,2	-	-

Ошибка опыта, %	6,6
Ошибка разности средних	5,49
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	11,36
Ошибка разности средних по фактору В	2,74
НСР ₀₅ (фактор В)	5,68
Влияние фактора А, %	1
Влияние фактора В, %	97
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	0
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	2

НЗ. Доля растений сои овощной с клубеньками в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, %

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Доля растений с клубеньками по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	60	60	70	190	63,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	80	90	80	250	83,3
Hidaka	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	50	70	80	200	66,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	90	90	100	280	93,3
А	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	70	70	60	200	66,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	100	100	100	300	100
F	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	60	50	70	180	60
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	80	90	90	260	86,7
Сумма Р		590	620	650	$\Sigma=1860$	$x=51,7$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	53900,0	35	-	-	-
Повторений	150,0	2	-	-	-
Фактор (А)	300,0	3	100,0	2,59	3,05
Фактор (В)	52316,67	2	26158,33	677,04	3,44
Взаимодействия (АВ)	283,33	6	47,22	1,22	2,55
Остаточное (ошибки)	850,0	22	38,64	-	-

Ошибка опыта, %	6,9
Ошибка разности средних	5,07
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	10,51
Ошибка разности средних по фактору В	2,54
НСР ₀₅ (фактор В)	5,25
Влияние фактора А, %	1
Влияние фактора В, %	96
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	1
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	2

Н4. Доля растений сои овощной с клубеньками в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, % (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Доля растений с клубеньками по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	56,7	63,3	63,3	183,3	61,1
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	80	86,7	80	246,7	82,2
Hidaka	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	56,7	66,7	60	183,4	61,1
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	80	90	100	270	90
А	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	66,7	66,7	56,7	190,1	63,4
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	96,7	100	96,7	293,4	97,8
F	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	56,7	56,7	73,3	186,7	62,2
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	86,7	90	96,7	273,4	91,1
Сумма Р		580,2	620,1	626,7	$\Sigma=1827$	$x=50,7$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	52173,99	35	-	-	-
Повторений	105,49	2	-	-	-
Фактор (А)	161,51	3	53,84	2,3	3,05
Фактор (В)	51176,79	2	25588,4	1093,18	3,44
Взаимодействия (АВ)	215,24	6	35,87	1,53	2,55
Остаточное (ошибки)	514,96	22	23,41	-	-

Ошибка опыта, %	5,5
Ошибка разности средних	3,95
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	8,18
Ошибка разности средних по фактору В	1,97
НСР ₀₅ (фактор В)	4,09
Влияние фактора А, %	0
Влияние фактора В, %	98
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	0
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	2

II. Количество клубеньков на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Число клубеньков на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	17	18	20	55	18,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	25	25	34	84	28
Hidaka	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	21	22	19	62	20,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	28	28	33	89	29,7
А	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	20	23	24	67	22,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	34	36	31	101	33,7
F	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	18	22	23	63	21
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	29	31	32	92	30,7
Сумма Р		192	205	216	$\Sigma=613$	$x=17$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	6004,97	35	-	-	-
Повторений	24,06	2	-	-	-
Фактор (А)	47,64	3	15,88	3,64	3,05
Фактор (В)	5809,06	2	2904,53	666,01	3,44
Взаимодействия (АВ)	28,28	6	4,71	1,08	2,55
Остаточное (ошибки)	95,94	22	4,36	-	-

Ошибка опыта, %	6,9
Ошибка разности средних	1,7
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	3,53
Ошибка разности средних по фактору А	0,98
НСР ₀₅ (фактор А)	2,04
Ошибка разности средних по фактору В	0,85
НСР ₀₅ (фактор В)	1,76
Влияние фактора А, %	1
Влияние фактора В, %	97
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	0
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	2

12. Количество клубеньков на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество клубеньков на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	19	21	24	64	21,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	25	23	30	78	26
Hidaka	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	22	25	20	67	22,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	31	33	37	101	33,7
А	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	22	21	26	69	23
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	33	32	36	101	33,7
F	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	20	19	23	62	20,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	31	30	36	97	32,3
Сумма Р		203	204	232	$\Sigma=639$	$x=17,7$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	6474,75	35	-	-	-
Повторений	45,17	2	-	-	-
Фактор (А)	54,31	3	18,1	5,18	3,05
Фактор (В)	6222,17	2	3111,08	890,81	3,44
Взаимодействия (АВ)	76,28	6	12,71	3,64	2,55
Остаточное (ошибки)	76,83	22	3,49	-	-

Ошибка опыта, %	6,1
Ошибка разности средних	1,53
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	3,16
Ошибка разности средних по фактору А	0,88
НСР ₀₅ (фактор А)	1,82
Ошибка разности средних по фактору В, АВ	0,76
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	1,58
Влияние фактора А, %	1
Влияние фактора В, %	96
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	1
Влияние повторений, %	1
Влияние ошибки, %	1

13. Количество клубеньков на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество клубеньков на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	19	20	23	62	20,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	24	27	28	79	26,7
Hidaka	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	23	21	25	69	23
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	29	36	31	96	32
А	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	19	22	24	65	21,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	35	37	34	106	35,3
F	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	19	21	19	59	19,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	30	33	36	99	33
Сумма Р		198	217	220	$\Sigma=635$	$x=17,7$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	6490,31	35	-	-	-
Повторений	23,72	2	-	-	-
Фактор (А)	56,08	3	18,69	6,27	3,05
Фактор (В)	6251,39	2	3125,69	1048,07	3,44
Взаимодействия (АВ)	93,5	6	15,58	5,22	2,55
Остаточное (ошибки)	65,61	22	2,98	-	-

Ошибка опыта, %	5,6
Ошибка разности средних	1,41
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,92
Ошибка разности средних по фактору А	0,81
НСР ₀₅ (фактор А)	1,68
Ошибка разности средних по фактору В, АВ	0,7
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	1,46
Влияние фактора А, %	1
Влияние фактора В, %	96
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	1
Влияние повторений, %	1
Влияние ошибки, %	1

14. Количество клубеньков на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, штук (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество клубеньков на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	18,3	19,7	22,3	60,3	20,1
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	24,7	25	30,7	80,4	26,8
Hidaka	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	22	22,7	21,3	66	22
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	29,3	32,3	33,7	95,3	31,8
А	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	20,3	22	24,7	67	22,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	34	35	33,7	102,7	34,2
F	Контроль, без обработки	0	0	0	0	0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	19	20,7	21,7	61,4	20,5
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	30	31,3	34,7	96	32
Сумма Р		197,6	208,7	222,8	$\Sigma=629,1$	$x=17,5$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	6261,81	35	-	-	-
Повторений	26,58	2	-	-	-
Фактор (А)	49,48	3	16,49	8,66	3,05
Фактор (В)	6093,76	2	3046,88	1600,49	3,44
Взаимодействия (АВ)	50,09	6	8,35	4,39	2,55
Остаточное (ошибки)	41,88	22	1,9	-	-

Ошибка опыта, %	4,6
Ошибка разности средних	1,13
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,33
Ошибка разности средних по фактору А	0,65
НСР ₀₅ (фактор А)	1,35
Ошибка разности средних по фактору В, АВ	0,56
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	1,17
Влияние фактора А, %	1
Влияние фактора В, %	97
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	1
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	1

Л1. Длина главного корня сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, см

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Длина главного корня по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	17	22	19	58	19,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	18	22	19	59	19,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	21	23	21	65	21,7
Hidaka	Контроль, без обработки	19	19	18	56	18,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	20	20	21	61	20,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	22	21	24	67	22,3
А	Контроль, без обработки	20	21	21	62	20,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	22	21	21	64	21,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	25	24	24	73	24,3
F	Контроль, без обработки	21	19	19	59	19,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	22	22	22	66	22
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	24	22	24	70	23,3
Сумма Р		251	256	253	$\Sigma=760$	$x=21,1$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	133,56	35	-	-	-
Повторений	1,06	2	-	-	-
Фактор (А)	22,89	3	7,63	4,63	3,05
Фактор (В)	68,06	2	34,03	20,63	3,44
Взаимодействия (АВ)	5,28	6	0,88	0,53	2,55
Остаточное (ошибки)	36,28	22	1,65	-	-

Ошибка опыта, %	3,5
Ошибка разности средних	1,05
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,17
Ошибка разности средних по фактору А	0,6
НСР ₀₅ (фактор А)	1,25
Ошибка разности средних по фактору В	0,52
НСР ₀₅ (фактор В)	1,08
Влияние фактора А, %	17
Влияние фактора В, %	52
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	4
Влияние повторений, %	1
Влияние ошибки, %	26

12. Длина главного корня сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, см

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Длина главного корня по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	19	20	17	56	18,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	22	27	21	70	23,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	29	22	31	82	27,3
Hidaka	Контроль, без обработки	19	23	20	62	20,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	19	25	29	73	24,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	22	26	29	77	25,7
А	Контроль, без обработки	20	19	22	61	20,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	24	21	26	71	23,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	27	24	29	80	26,7
F	Контроль, без обработки	19	21	27	67	22,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	20	23	25	68	22,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	22	26	28	76	25,3
Сумма Р		262	277	304	$\Sigma=843$	$x=23,4$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	480,75	35	-	-	-
Повторений	75,5	2	-	-	-
Фактор (А)	1,19	3	0,4	0,05	3,05
Фактор (В)	198,5	2	99,25	12,51	3,44
Взаимодействия (АВ)	31,06	6	5,18	0,65	2,55
Остаточное (ошибки)	174,5	22	7,93	-	-

Ошибка опыта, %	6,9
Ошибка разности средних	2,3
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	4,76
Ошибка разности средних по фактору В	1,15
НСР ₀₅ (фактор В)	2,38
Влияние фактора А, %	1
Влияние фактора В, %	41
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	6
Влияние повторений, %	16
Влияние ошибки, %	36

У3. Длина главного корня сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, см

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Длина главного корня по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	18	20	21	59	19,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	19	23	27	69	23
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	28	29	23	80	26,7
Hidaka	Контроль, без обработки	19	18	20	57	19
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	21	24	19	64	21,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	20	23	27	70	23,3
А	Контроль, без обработки	22	21	21	64	21,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	27	19	23	69	23
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	28	22	25	75	25
F	Контроль, без обработки	28	19	22	69	23
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	25	23	20	68	22,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	28	30	27	85	28,3
Сумма Р		283	271	275	$\Sigma=829$	$\bar{x}=23$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	442,97	35	-	-	-
Повторений	6,22	2	-	-	-
Фактор (А)	53,64	3	17,88	1,96	3,05
Фактор (В)	160,06	2	80,03	8,78	3,44
Взаимодействия (АВ)	22,61	6	3,77	0,41	2,55
Остаточное (ошибки)	200,44	22	9,11	-	-

Ошибка опыта, %	6,6
Ошибка разности средних	2,46
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	5,1
Ошибка разности средних по фактору В	1,23
НСР ₀₅ (фактор В)	2,55
Влияние фактора А, %	12
Влияние фактора В, %	37
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	5
Влияние повторений, %	1
Влияние ошибки, %	45

14. Длина главного корня сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, см (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Длина главного корня по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	18	20,7	19	57,7	19,2
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	19,7	24	22,3	66	22
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	26	24,7	25	75,7	25,2
Hidaka	Контроль, без обработки	19	20	19,3	58,3	19,4
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	20	23	23	66	22
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	21,3	23,3	26,7	71,3	23,8
А	Контроль, без обработки	20,7	20,3	21,3	62,3	20,8
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	24,3	20,3	23,3	67,9	22,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	26,7	23,3	26	76	25,3
F	Контроль, без обработки	22,7	19,7	22,7	65,1	21,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	22,3	22,7	22,3	67,3	22,4
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	24,7	26	26,3	77	25,7
Сумма Р		265,4	268	277,2	$\Sigma=810,6$	$x=22,5$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	212,75	35	-	-	-
Повторений	6,41	2	-	-	-
Фактор (А)	13,16	3	4,39	1,85	3,05
Фактор (В)	134,61	2	67,3	28,35	3,44
Взаимодействия (АВ)	6,34	6	1,06	0,44	2,55
Остаточное (ошибки)	52,23	22	2,37	-	-

Ошибка опыта, %	3,9
Ошибка разности средних	1,26
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,6
Ошибка разности средних по фактору В	0,63
НСР ₀₅ (фактор В)	1,3
Влияние фактора А, %	6
Влияние фактора В, %	63
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	3
Влияние повторений, %	3
Влияние ошибки, %	25

К1. Площадь листовой поверхности на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, см²

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Площадь листовой поверхности по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	1023	1120	1179	3322	1107
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1030	1084	1148	3262	1087
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1167	1180	1213	3560	1187
Hidaka	Контроль, без обработки	1301	1198	1226	3725	1242
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1335	1265	1210	3810	1270
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1365	1290	1290	3945	1315
А	Контроль, без обработки	1320	1304	1310	3934	1311
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1385	1324	1338	4047	1349
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1430	1370	1379	4179	1393
F	Контроль, без обработки	1368	1384	1394	4146	1382
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1383	1378	1406	4167	1389
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1397	1420	1420	4237	1412
Сумма Р		15504	15317	15513	Σ=46334	x=1287

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	451647,89	35	-	-	-
Повторений	2040,72	2	-	-	-
Фактор (А)	372149,67	3	124049,89	66,31	3,05
Фактор (В)	29415,06	2	14707,53	7,86	3,44
Взаимодействия (АВ)	6889,17	6	1148,19	0,61	2,55
Остаточное (ошибки)	41153,28	22	1870,6	-	-

Ошибка опыта, %	1,9
Ошибка разности средних	35,31
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	73,1
Ошибка разности средних по фактору А	20,39
НСР ₀₅ (фактор А)	42,2
Ошибка разности средних по фактору В	17,66
НСР ₀₅ (фактор В)	36,55
Влияние фактора А, %	82
Влияние фактора В, %	7
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	2
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	9

К2. Площадь листовой поверхности на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, см²

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Площадь листовой поверхности на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	1172	1202	1286	3660	1220
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1103	1205	1156	3464	1155
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1206	1187	1273	3666	1222
Hidaka	Контроль, без обработки	1294	1254	1302	3850	1283
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1365	1205	1302	3872	1291
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1402	1343	1305	4050	1350
А	Контроль, без обработки	1392	1294	1402	4088	1363
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1320	1368	1340	4028	1343
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1520	1424	1394	4338	1446
F	Контроль, без обработки	1384	1310	1295	3989	1330
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1345	1320	1421	4086	1362
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1427	1489	1501	4417	1472
Сумма Р		15930	15601	15977	Σ=47508	x=1320

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	345490,0	35	-	-	-
Повторений	6995,17	2	-	-	-
Фактор (А)	211527,56	3	70509,18	26,49	3,05
Фактор (В)	51185,17	2	25592,58	9,62	3,44
Взаимодействия (АВ)	17234,61	6	2872,43	1,08	2,55
Остаточное (ошибки)	58547,5	22	2661,25	-	-

Ошибка опыта, %	2,3
Ошибка разности средних	42,12
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	87,19
Ошибка разности средних по фактору А	24,32
НСР ₀₅ (фактор А)	50,34
Ошибка разности средних по фактору В	21,06
НСР ₀₅ (фактор В)	43,59
Влияние фактора А, %	61
Влияние фактора В, %	15
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	5
Влияние повторений, %	2
Влияние ошибки, %	17

КЗ. Площадь листовой поверхности на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, см²

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Площадь листовой поверхности на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	1123	1045	1134	3302	1101
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1104	1084	1221	3409	1136
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1234	1300	1365	3899	1300
Hidaka	Контроль, без обработки	1285	1208	1376	3869	1290
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1422	1345	1210	3977	1326
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1378	1351	1300	4029	1343
А	Контроль, без обработки	1278	1304	1352	3934	1311
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1324	1405	1388	4117	1372
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1502	1489	1404	4395	1465
F	Контроль, без обработки	1289	1345	1482	4116	1372
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1456	1322	1402	4180	1393
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1454	1506	1478	4438	1479
Сумма Р		15849	15704	16112	Σ=47665	x=1324

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	529398,97	35	-	-	-
Повторений	7129,39	2	-	-	-
Фактор (А)	295260,08	3	98420,03	21,71	3,05
Фактор (В)	104086,89	2	52043,44	11,48	3,44
Взаимодействия (АВ)	23198,0	6	3866,33	0,85	2,55
Остаточное (ошибки)	99724,61	22	4,532,94	-	-

Ошибка опыта, %	2,9
Ошибка разности средних	54,97
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	113,79
Ошибка разности средних по фактору А	31,74
НСР ₀₅ (фактор А)	65,7
Ошибка разности средних по фактору В	27,49
НСР ₀₅ (фактор В)	56,9
Влияние фактора А, %	56
Влияние фактора В, %	20
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	4
Влияние повторений, %	1
Влияние ошибки, %	19

К4. Площадь листовой поверхности на растении сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, см² (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Площадь листовой поверхности на растении по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	1106	1122	1200	3428	1143
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1079	1124	1175	3378	1126
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1202	1222	1284	3708	1236
Hidaka	Контроль, без обработки	1293	1220	1301	3814	1271
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1374	1272	1241	3887	1296
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1382	1328	1298	4008	1336
А	Контроль, без обработки	1330	1301	1355	3986	1329
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1343	1366	1355	4064	1355
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1484	1428	1392	4304	1435
F	Контроль, без обработки	1347	1346	1390	4083	1361
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1395	1340	1410	4145	1382
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1426	1472	1466	4364	1455
Сумма Р		15761	15541	15867	Σ=47169	x=1310

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	390652,75	35	-	-	-
Повторений	4608,67	2	-	-	-
Фактор (А)	288446,31	3	96148,77	56,76	3,05
Фактор (В)	55722,17	2	27861,08	16,45	3,44
Взаимодействия (АВ)	4608,94	6	768,16	0,45	2,55
Остаточное (ошибки)	37266,67	22	1693,94	-	-

Ошибка опыта, %	1,8
Ошибка разности средних	33,61
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	69,56
Ошибка разности средних по фактору А	19,4
НСР ₀₅ (фактор А)	40,16
Ошибка разности средних по фактору В	16,8
НСР ₀₅ (фактор В)	34,78
Влияние фактора А, %	74
Влияние фактора В, %	14
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	1
Влияние повторений, %	1
Влияние ошибки, %	10

L1. Масса растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, г

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Масса растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	19,78	20,43	19,78	59,99	20,0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	19,12	23,55	20,56	63,23	21,08
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	23,78	26,45	24,06	74,29	24,76
Hidaka	Контроль, без обработки	28,6	21,78	25,23	75,61	25,2
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	27,2	24,94	26,0	78,14	26,05
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	27,45	28,0	24,78	80,23	26,74
А	Контроль, без обработки	26,45	25,32	24,13	75,9	25,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	27,76	28,1	27,65	83,51	27,84
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	30,34	28,31	32,12	90,77	30,26
F	Контроль, без обработки	23,78	24,58	25,65	74,01	24,67
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	28,23	29,34	26,43	84,0	28,0
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	29,21	28,32	28,94	86,47	28,82
Сумма Р		311,7	309,12	305,33	$\Sigma=926,15$	$x=25,73$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	356,58	35	-	-	-
Повторений	1,71	2	-	-	-
Фактор (А)	186,54	3	62,18	22,28	3,05
Фактор (В)	89,13	2	44,56	15,97	3,44
Взаимодействия (АВ)	17,79	6	2,96	1,06	2,55
Остаточное (ошибки)	61,4	22	2,79	-	-

Ошибка опыта, %	2,8
Ошибка разности средних	1,36
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,82
Ошибка разности средних по фактору А	0,79
НСР ₀₅ (фактор А)	1,63
Ошибка разности средних по фактору В	0,68
НСР ₀₅ (фактор В)	1,41
Влияние фактора А, %	52
Влияние фактора В, %	25
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	5
Влияние повторений, %	1
Влияние ошибки, %	17

L2. Масса растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, г

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Масса растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	20,61	21,29	20,61	62,51	20,84
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	19,92	24,54	21,42	65,88	21,96
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	24,78	27,56	25,07	77,41	25,8
Hidaka	Контроль, без обработки	27,03	20,58	26,29	73,9	24,63
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	28,34	25,99	27,09	81,42	27,14
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	28,6	29,18	25,82	83,6	27,87
А	Контроль, без обработки	25,0	23,93	22,8	71,73	23,91
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	26,23	26,55	26,13	78,91	26,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	28,67	26,75	30,35	85,77	28,59
F	Контроль, без обработки	22,47	23,23	24,24	69,94	23,31
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	26,68	27,73	24,98	79,39	26,46
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	27,6	26,76	27,35	81,71	27,24
Сумма Р		305,93	304,09	302,15	$\Sigma=912,17$	$x=25,34$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	258,66	35	-	-	-
Повторений	0,59	2	-	-	-
Фактор (А)	76,89	3	25,63	8,75	3,05
Фактор (В)	106,18	2	53,09	18,13	3,44
Взаимодействия (АВ)	10,56	6	1,76	0,6	2,55
Остаточное (ошибки)	64,43	22	2,93	-	-

Ошибка опыта, %	2,9
Ошибка разности средних	1,4
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,89
Ошибка разности средних по фактору А	0,81
НСР ₀₅ (фактор А)	1,67
Ошибка разности средних по фактору В	0,7
НСР ₀₅ (фактор В)	1,45
Влияние фактора А, %	33
Влияние фактора В, %	43
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	4
Влияние повторений, %	2
Влияние ошибки, %	18

Л3. Масса растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, г

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Масса растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	22,65	23,39	22,65	68,69	22,9
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	21,89	26,97	23,54	72,4	24,1
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	27,23	30,29	27,55	85,07	28,36
Hidaka	Контроль, без обработки	26,73	20,35	26,0	73,08	24,36
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	28,03	25,7	26,79	80,52	26,84
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	28,29	28,85	28,37	85,51	28,5
А	Контроль, без обработки	24,72	23,66	22,55	70,93	23,64
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	25,94	26,26	25,84	78,04	26,01
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	28,35	26,46	30,02	84,83	28,28
F	Контроль, без обработки	22,22	22,97	23,97	69,16	23,05
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	26,38	27,42	24,7	78,5	26,17
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	27,3	26,47	27,04	80,81	26,94
Сумма Р		309,73	308,79	309,02	$\Sigma=927,54$	$x=25,76$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	205,19	35	-	-	-
Повторений	0,04	2	-	-	-
Фактор (А)	11,14	3	3,71	3,34	3,05
Фактор (В)	123,13	2	61,57	22,14	3,44
Взаимодействия (АВ)	9,7	6	1,62	0,58	2,55
Остаточное (ошибки)	61,17	22	2,78	-	-

Ошибка опыта, %	2,8
Ошибка разности средних	1,36
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,82
Ошибка разности средних по фактору А	0,79
НСР ₀₅ (фактор А)	1,63
Ошибка разности средних по фактору В	0,68
НСР ₀₅ (фактор В)	1,41
Влияние фактора А, %	13
Влияние фактора В, %	68
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	5
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	14

L4. Масса растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, г (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Масса растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	21,01	21,7	21,01	63,72	21,24
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	20,31	25,02	21,84	67,17	22,39
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	25,26	28,1	25,56	78,92	26,31
Hidaka	Контроль, без обработки	27,45	20,9	25,84	74,19	24,73
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	27,86	25,54	26,63	80,03	26,68
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	28,11	28,68	26,32	83,11	27,7
А	Контроль, без обработки	25,39	24,3	23,16	72,85	24,28
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	26,64	26,97	26,54	80,15	26,72
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	29,12	27,17	30,83	87,12	29,04
F	Контроль, без обработки	22,82	23,59	24,62	71,03	23,68
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	27,1	28,16	25,37	80,63	26,88
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	28,04	27,18	27,78	83,0	27,67
Сумма Р		309,11	307,31	305,5	$\Sigma=921,92$	$x=25,61$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	242,74	35	-	-	-
Повторений	0,54	2	-	-	-
Фактор (А)	64,95	3	21,65	7,87	3,05
Фактор (В)	105,73	2	52,86	19,22	3,44
Взаимодействия (АВ)	11,02	6	1,84	0,67	2,55
Остаточное (ошибки)	60,5	22	2,75	-	-

Ошибка опыта, %	2,8
Ошибка разности средних	1,35
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	2,8
Ошибка разности средних по фактору А	0,78
НСР ₀₅ (фактор А)	1,62
Ошибка разности средних по фактору В	0,68
НСР ₀₅ (фактор В)	1,4
Влияние фактора А, %	30
Влияние фактора В, %	47
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	4
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	19

Приложение М

М1. Масса семян с растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, г

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Масса семян с растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	9,95	9,86	10,67	30,48	10,16
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	10,94	11,83	11,75	34,52	11,51
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	11,35	12,75	11,76	35,86	11,95
Hidaka	Контроль, без обработки	11,78	10,72	12,31	34,81	11,6
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	12,11	11,85	13,45	37,41	12,47
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	12,79	13,02	13,89	39,7	13,23
А	Контроль, без обработки	13,78	13,13	13,78	40,69	13,56
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	13,7	13,49	14,56	41,75	13,92
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	15,55	14,51	15,86	45,92	15,31
F	Контроль, без обработки	12,97	12,65	13,15	38,77	12,92
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	13,12	13,33	13,78	40,24	13,41
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	13,54	14,76	14,65	42,95	14,32
Сумма Р		151,58	151,9	159,61	Σ=463,1	x=12,86

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{факт.}	F ₀₅
Общее	74,08	35	-	-	-
Повторений	3,44	2	-	-	-
Фактор (А)	48,2	3	16,07	69,05	3,05
Фактор (В)	16,16	2	8,08	34,73	3,44
Взаимодействия (АВ)	1,15	6	0,19	0,83	2,55
Остаточное (ошибки)	5,12	22	0,23	-	-

Ошибка опыта, %	0,8
Ошибка разности средних	0,39
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,81
Ошибка разности средних по фактору А	0,23
НСР ₀₅ (фактор А)	0,47
Ошибка разности средних по фактору В	0,2
НСР ₀₅ (фактор В)	0,41
Влияние фактора А, %	65
Влияние фактора В, %	22
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	2
Влияние повторений, %	5
Влияние ошибки, %	6

М2. Масса семян с растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, г

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Масса семян с растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	10,17	10,08	10,9	31,15	10,38
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	11,18	12,09	12,01	35,28	11,76
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	11,6	13,03	12,02	36,65	12,22
Hidaka	Контроль, без обработки	12,04	10,96	12,58	35,58	11,86
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	12,38	12,11	13,75	38,24	12,75
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	13,07	13,31	14,2	40,58	13,53
А	Контроль, без обработки	12,57	11,97	12,86	37,4	12,47
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	12,49	12,3	13,28	38,07	12,69
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	14,18	13,23	14,46	41,87	13,96
F	Контроль, без обработки	11,83	11,54	11,99	35,36	11,79
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	11,97	12,16	12,57	36,7	12,23
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	13,84	15,08	14,97	43,89	14,63
Сумма Р		147,32	147,86	155,59	$\Sigma=450,77$	$x=12,49$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	50,34	35	-	-	-
Повторений	3,57	2	-	-	-
Фактор (А)	14,17	3	4,72	20,54	3,05
Фактор (В)	23,49	2	11,75	51,08	3,44
Взаимодействия (АВ)	4,05	6	0,67	2,93	2,55
Остаточное (ошибки)	5,06	22	0,23	-	-

Ошибка опыта, %	0,8
Ошибка разности средних	0,39
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,81
Ошибка разности средних по фактору А	0,23
НСР ₀₅ (фактор А)	0,47
Ошибка разности средних по фактору В	0,2
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	0,4
Влияние фактора А, %	29
Влияние фактора В, %	47
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	8
Влияние повторений, %	8
Влияние ошибки, %	9

МЗ. Масса семян с растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, г

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Масса семян с растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	11,08	10,98	11,88	33,94	11,31
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	12,18	13,18	13,09	38,45	12,82
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	12,64	14,2	13,1	39,94	13,31
Hidaka	Контроль, без обработки	13,12	11,94	13,71	38,77	12,92
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	13,49	13,2	14,98	41,67	13,89
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	14,24	14,5	15,47	44,21	14,74
А	Контроль, без обработки	11,28	10,75	11,54	33,57	11,19
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	11,21	11,04	11,92	34,17	11,39
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	12,73	11,88	12,98	37,59	12,53
F	Контроль, без обработки	10,62	10,35	10,76	31,73	10,58
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	10,74	10,91	11,28	32,93	10,98
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	12,42	13,54	16,32	42,28	14,09
Сумма Р		145,75	146,47	157,03	$\Sigma=449,25$	$\bar{x}=12,48$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	78,76	35	-	-	-
Повторений	6,65	2	-	-	-
Фактор (А)	25,54	3	8,51	19,2	3,05
Фактор (В)	28,99	2	14,49	32,69	3,44
Взаимодействия (АВ)	7,83	6	1,31	2,94	2,55
Остаточное (ошибки)	9,75	22	0,44	-	-

Ошибка опыта, %	1,1
Ошибка разности средних	0,54
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	1,12
Ошибка разности средних по фактору А	0,31
НСР ₀₅ (фактор А)	0,65
Ошибка разности средних по фактору В	0,27
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	0,56
Влияние фактора А, %	33
Влияние фактора В, %	37
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	10
Влияние повторений, %	9
Влияние ошибки, %	12

М4. Масса семян с растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, г (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Масса семян с растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	10,4	10,31	11,15	31,86	10,62
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	11,43	12,37	12,28	36,08	12,03
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	11,86	13,33	12,29	37,48	12,49
Hidaka	Контроль, без обработки	12,31	11,21	12,87	36,39	12,13
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	12,66	12,39	14,06	39,11	13,04
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	13,37	13,61	14,52	41,5	13,83
А	Контроль, без обработки	12,54	11,95	12,73	37,22	12,41
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	12,47	12,28	13,25	38,0	12,67
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	14,15	13,21	14,43	41,79	13,93
F	Контроль, без обработки	11,81	11,51	11,97	35,29	11,76
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	11,94	12,13	12,54	36,61	12,2
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	13,27	14,46	15,31	43,04	14,35
Сумма Р		148,21	148,76	157,4	$\Sigma=454,37$	$x=12,62$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	45,67	35	-	-	-
Повторений	4,43	2	-	-	-
Фактор (А)	10,21	3	3,4	13,56	3,05
Фактор (В)	22,48	2	11,24	44,79	3,44
Взаимодействия (АВ)	3,03	6	0,5	2,01	2,55
Остаточное (ошибки)	5,52	22	0,25	-	-

Ошибка опыта, %	0,8
Ошибка разности средних	0,41
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,85
Ошибка разности средних по фактору А	0,24
НСР ₀₅ (фактор А)	0,49
Ошибка разности средних по фактору В	0,2
НСР ₀₅ (фактор В)	0,42
Влияние фактора А, %	22
Влияние фактора В, %	49
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	8
Влияние повторений, %	9
Влияние ошибки, %	12

Приложение N

N1. Масса 1000 семян сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, г

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Масса 1000 семян по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	108	105	117	330	110
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	105	110	121	336	112
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	119	118	130	367	122,3
Hidaka	Контроль, без обработки	137	130	140	407	135,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	140	135	156	431	143,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	148	143	155	446	148,7
А	Контроль, без обработки	149	152	164	465	155
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	156	159	172	487	162,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	171	167	173	511	170,3
F	Контроль, без обработки	141	136	157	434	144,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	152	143	163	458	152,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	168	149	171	488	162,7
Сумма Р		1694	1647	1819	$\Sigma=5160$	$\bar{x}=143,3$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	14612,0	35	-	-	-
Повторений	1317,17	2	-	-	-
Фактор (А)	11568,22	3	3856,07	232,53	3,05
Фактор (В)	1298,67	2	649,33	39,16	3,44
Взаимодействия (АВ)	63,11	6	10,52	0,63	2,55
Остаточное (ошибки)	364,83	22	16,58	-	-

Ошибка опыта, %	1,6
Ошибка разности средних	3,32
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	6,88
Ошибка разности средних по фактору А	1,92
НСР ₀₅ (фактор А)	3,97
Ошибка разности средних по фактору В	1,66
НСР ₀₅ (фактор В)	3,44
Влияние фактора А, %	79
Влияние фактора В, %	9
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	0
Влияние повторений, %	9
Влияние ошибки, %	2

№2. Масса 1000 семян сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, г

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Масса 1000 семян по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	109,8	106,8	119	335,6	111,9
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	106,8	111,9	123,1	341,8	113,9
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	121	120	132,2	373,2	124,4
Hidaka	Контроль, без обработки	138	130,9	141	409,9	136,6
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	141	137,3	158,6	436,9	145,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	150,5	145,4	157,6	453,5	151,2
А	Контроль, без обработки	150	153,1	165,1	468,2	156,1
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	157,1	160,1	173,2	490,4	163,5
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	172,2	168,2	174,2	514,6	171,5
F	Контроль, без обработки	142	136,9	158,1	437	145,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	153,1	144	164,1	461,2	153,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	169,2	150	172,2	491,4	163,8
Сумма Р		1710,7	1664,6	1838,4	$\Sigma=5213,7$	$x=144,8$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	14308,83	35	-	-	-
Повторений	1351,08	2	-	-	-
Фактор (А)	11131,1	3	3710,37	215,59	3,05
Фактор (В)	1387,39	2	693,69	40,31	3,44
Взаимодействия (АВ)	60,63	6	10,1	0,59	2,55
Остаточное (ошибки)	378,62	22	17,21	-	-

Ошибка опыта, %	1,7
Ошибка разности средних	3,39
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	7,01
Ошибка разности средних по фактору А	1,96
НСР ₀₅ (фактор А)	4,05
Ошибка разности средних по фактору В	1,69
НСР ₀₅ (фактор В)	3,51
Влияние фактора А, %	78
Влияние фактора В, %	10
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	0
Влияние повторений, %	9
Влияние ошибки, %	3

№3. Масса 1000 семян сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, г

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Масса 1000 семян по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	117,3	114	127,1	358,4	119,5
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	114	119,5	131,4	364,9	121,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	129,2	128,1	141,2	398,5	132,8
Hidaka	Контроль, без обработки	133,5	126,7	136,4	396,6	132,2
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	136,4	146,6	169,4	452,4	150,8
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	160,7	155,3	168,3	484,3	161,4
А	Контроль, без обработки	145,2	148,1	159,8	453,1	151,0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	152	155	167,3	474,3	158,1
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	166,7	162,8	168,6	498,1	166,0
F	Контроль, без обработки	137,4	132,5	153	422,9	141,0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	148,1	139,4	158,9	446,4	148,8
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	163,7	145,2	166,7	475,6	158,5
Сумма Р		1704,2	1673,2	1848,1	$\Sigma=5225,5$	$x=145,1$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	10054,69	35	-	-	-
Повторений	1451,62	2	-	-	-
Фактор (А)	5607,54	3	1869,18	72,07	3,05
Фактор (В)	2120,6	2	1060,3	40,88	3,44
Взаимодействия (АВ)	304,38	6	50,73	1,96	2,55
Остаточное (ошибки)	570,56	22	25,93	-	-

Ошибка опыта, %	2,0
Ошибка разности средних	4,16
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	8,61
Ошибка разности средних по фактору А	2,4
НСР ₀₅ (фактор А)	4,97
Ошибка разности средних по фактору В	2,08
НСР ₀₅ (фактор В)	4,3
Влияние фактора А, %	56
Влияние фактора В, %	21
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	3
Влияние повторений, %	14
Влияние ошибки, %	6

№4. Масса 1000 семян сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, г (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Масса 1000 семян по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	111,7	108,6	121,0	341,3	113,8
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	108,6	113,8	125,2	347,6	115,9
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	123,1	122,0	134,5	379,6	126,5
Hidaka	Контроль, без обработки	136,2	129,2	139,1	404,5	134,8
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	139,1	139,6	161,3	440,0	146,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	153,1	147,9	160,3	461,3	153,8
А	Контроль, без обработки	148,1	151,1	163,0	462,2	154,1
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	155,0	158,0	170,8	483,8	161,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	170,0	166,0	171,9	507,9	169,3
F	Контроль, без обработки	140,1	135,1	156,0	431,2	143,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	151,2	142,1	162,0	455,3	151,8
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	167,0	148,1	170,0	485,1	161,7
Сумма Р		1703,2	1661,5	1835,1	$\Sigma=5199,8$	$x=144,4$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	12600,03	35	-	-	-
Повторений	1368,71	2	-	-	-
Фактор (А)	9159,74	3	3053,25	165,02	3,05
Фактор (В)	1584,89	2	792,45	42,83	3,44
Взаимодействия (АВ)	79,63	6	13,27	0,72	2,55
Остаточное (ошибки)	407,06	22	18,5	-	-

Ошибка опыта, %	1,7
Ошибка разности средних	3,51
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	7,27
Ошибка разности средних по фактору А	2,03
НСР ₀₅ (фактор А)	4,2
Ошибка разности средних по фактору В	1,76
НСР ₀₅ (фактор В)	3,63
Влияние фактора А, %	73
Влияние фактора В, %	13
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	1
Влияние повторений, %	11
Влияние ошибки, %	3

Приложение О

О1. Количество семян с растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество семян с растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	97	98	102	297	99
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	99	108	101	308	102,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	103	110	98	311	103,7
Hidaka	Контроль, без обработки	88	86	91	265	88,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	92	93	87	272	90,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	95	98	96	289	96,3
А	Контроль, без обработки	92	94	88	274	91,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	94	93	95	282	94
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	102	100	97	299	99,7
F	Контроль, без обработки	89	98	89	276	92
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	93	97	94	284	94,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	95	99	91	285	95
Сумма Р		1139	1174	1129	Σ=3442	x=95,6

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	1064,56	35	-	-	-
Повторений	93,06	2	-	-	-
Фактор (А)	504,56	3	168,18	18,11	3,05
Фактор (В)	216,22	2	108,11	11,64	3,44
Взаимодействия (АВ)	46,44	6	7,74	0,83	2,55
Остаточное (ошибки)	204,28	22	9,28	-	-

Ошибка опыта, %	1,8
Ошибка разности средних	2,49
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	5,15
Ошибка разности средних по фактору А	1,44
НСР ₀₅ (фактор А)	2,97
Ошибка разности средних по фактору В	1,24
НСР ₀₅ (фактор В)	2,57
Влияние фактора А, %	48
Влияние фактора В, %	20
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	4
Влияние повторений, %	9
Влияние ошибки, %	19

О2. Количество семян с растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество семян с растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	97,22	98,23	102,23	297,68	99,23
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	99,23	108,25	101,23	308,71	102,9
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	103,24	110,25	98,23	311,72	103,91
Hidaka	Контроль, без обработки	88,2	86,2	91,21	265,61	88,54
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	92,21	93,21	87,2	272,62	90,87
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	95,22	98,23	96,22	289,67	96,56
А	Контроль, без обработки	89,98	91,93	86,06	267,97	89,32
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	91,93	90,95	92,91	275,79	91,93
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	99,76	97,8	94,87	292,43	97,48
F	Контроль, без обработки	87,04	95,84	87,04	269,92	89,97
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	90,95	97,22	94,22	282,39	94,13
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	95,22	99,23	91,21	285,66	95,22
Сумма Р		1130,2	1167,3	1122,6	$\Sigma=3420,2$	$x=95,0$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	1189,57	35	-	-	-
Повторений	95,43	2	-	-	-
Фактор (А)	595,68	3	198,56	20,81	3,05
Фактор (В)	255,49	2	127,75	13,39	3,44
Взаимодействия (АВ)	33,05	6	5,51	0,58	2,55
Остаточное (ошибки)	209,92	22	9,54	-	-

Ошибка опыта, %	1,9
Ошибка разности средних	2,52
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	5,22
Ошибка разности средних по фактору А	1,46
НСР ₀₅ (фактор А)	3,01
Ошибка разности средних по фактору В	1,26
НСР ₀₅ (фактор В)	2,61
Влияние фактора А, %	50
Влияние фактора В, %	21
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	3
Влияние повторений, %	8
Влияние ошибки, %	18

ОЗ. Количество семян с растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество семян с растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	102,74	103,8	108,04	314,58	104,86
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	104,86	114,39	106,98	326,23	108,74
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	109,1	116,51	103,8	329,41	109,8
Hidaka	Контроль, без обработки	88,8	86,78	91,82	267,4	89,13
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	97,44	98,5	92,15	288,09	96,03
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	100,62	103,8	101,68	306,1	102,03
А	Контроль, без обработки	90,58	92,55	86,64	269,77	89,92
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	92,55	91,57	93,54	277,66	92,55
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	100,43	98,46	95,51	294,4	98,13
F	Контроль, без обработки	87,63	96,49	87,63	271,75	90,58
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	91,57	97,88	94,85	284,3	94,77
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	95,86	99,9	91,82	287,58	95,86
Сумма Р		1162,2	1200,6	1154,5	$\Sigma=3517,3$	$x=97,7$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	2019,15	35	-	-	-
Повторений	101,93	2	-	-	-
Фактор (А)	1250,71	3	416,9	40,97	3,05
Фактор (В)	369,95	2	184,97	18,18	3,44
Взаимодействия (АВ)	72,7	6	12,12	1,19	2,55
Остаточное (ошибки)	223,85	22	10,17	-	-

Ошибка опыта, %	1,9
Ошибка разности средних	2,6
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	5,39
Ошибка разности средних по фактору А	1,5
НСР ₀₅ (фактор А)	3,11
Ошибка разности средних по фактору В	1,3
НСР ₀₅ (фактор В)	2,7
Влияние фактора А, %	62
Влияние фактора В, %	18
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	4
Влияние повторений, %	5
Влияние ошибки, %	11

О4. Количество семян с растения сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, штук (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество семян с растения по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	98,99	100,01	104,09	303,09	101,03
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	101,03	110,21	103,07	314,31	104,77
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	105,11	112,25	100,01	317,37	105,79
Hidaka	Контроль, без обработки	88,33	86,33	91,34	266,0	88,67
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	93,88	94,9	88,78	277,56	92,52
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	96,95	100,01	97,97	294,93	98,31
А	Контроль, без обработки	90,85	92,83	86,9	270,58	90,19
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	92,83	91,84	93,82	278,49	92,83
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	100,73	98,75	95,79	295,27	98,42
F	Контроль, без обработки	87,89	96,78	87,89	272,56	90,85
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	91,84	97,37	94,36	283,57	94,52
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	95,36	99,38	91,34	286,08	95,36
Сумма Р		1143,8	1180,7	1135,4	$\Sigma=3459,8$	$x=96,1$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	1352,2	35	-	-	-
Повторений	96,74	2	-	-	-
Фактор (А)	724,09	3	241,36	25,06	3,05
Фактор (В)	276,27	2	138,14	14,34	3,44
Взаимодействия (АВ)	43,23	6	7,2	0,75	2,55
Остаточное (ошибки)	211,87	22	9,63	-	-

Ошибка опыта, %	1,8
Ошибка разности средних	2,53
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	5,24
Ошибка разности средних по фактору А	1,46
НСР ₀₅ (фактор А)	3,03
Ошибка разности средних по фактору В	1,27
НСР ₀₅ (фактор В)	2,62
Влияние фактора А, %	54
Влияние фактора В, %	20
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	3
Влияние повторений, %	7
Влияние ошибки, %	16

Приложение Р

Р1. Количество семян в бобе сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество семян в бобе по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	2,77	2,64	2,92	8,33	2,78
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,93	2,99	3,14	9,06	3,02
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,86	2,86	2,9	8,62	2,87
Hidaka	Контроль, без обработки	2,23	2,42	2,5	7,15	2,38
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,31	2,51	2,74	7,56	2,52
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,45	2,66	3,01	8,12	2,71
А	Контроль, без обработки	2,68	2,46	2,57	7,71	2,57
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,65	2,55	2,61	7,81	2,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,81	2,98	2,87	8,66	2,89
F	Контроль, без обработки	2,55	2,64	2,7	7,89	2,63
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,63	2,7	2,58	7,91	2,64
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,77	2,81	2,78	8,36	2,79
Сумма Р		31,64	32,22	33,32	Σ=97,18	x=2,7

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	1,46	35	-	-	-
Повторений	0,12	2	-	-	-
Фактор (А)	0,57	3	0,19	14,03	3,05
Фактор (В)	0,3	2	0,15	11,09	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,18	6	0,03	2,19	2,55
Остаточное (ошибки)	0,3	22	0,01	-	-

Ошибка опыта, %	2,6
Ошибка разности средних	0,09
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,2
Ошибка разности средних по фактору А	0,05
НСР ₀₅ (фактор А)	0,11
Ошибка разности средних по фактору В	0,05
НСР ₀₅ (фактор В)	0,1
Влияние фактора А, %	45
Влияние фактора В, %	27
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	0
Влияние повторений, %	17
Влияние ошибки, %	11

Р2. Количество семян в бобе сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество семян в бобе по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	2,72	2,59	2,86	8,17	2,72
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,87	2,93	3,08	8,88	2,96
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,8	2,8	2,84	8,44	2,81
Hidaka	Контроль, без обработки	2,54	2,37	2,98	7,89	2,63
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,46	2,52	2,32	7,3	2,43
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,82	2,84	2,96	8,62	2,87
А	Контроль, без обработки	2,56	2,35	2,42	7,33	2,44
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,43	2,35	2,45	7,23	2,41
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,69	2,85	2,59	8,13	2,71
F	Контроль, без обработки	2,32	2,48	2,38	7,18	2,39
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,38	2,49	2,53	7,4	2,47
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,71	2,51	2,52	7,74	2,58
Сумма Р		31,3	31,08	31,93	$\Sigma=94,31$	$x=2,62$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	1,67	35	-	-	-
Повторений	0,03	2	-	-	-
Фактор (А)	0,68	3	0,22	13,3	3,05
Фактор (В)	0,28	2	0,14	8,3	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,31	6	0,05	3,06	2,55
Остаточное (ошибки)	0,37	22	0,02	-	-

Ошибка опыта, %	3,0
Ошибка разности средних	0,11
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,22
Ошибка разности средних по фактору А	0,06
НСР ₀₅ (фактор А)	0,13
Ошибка разности средних по фактору В	0,05
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	0,11
Влияние фактора А, %	50
Влияние фактора В, %	27
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	0
Влияние повторений, %	6
Влияние ошибки, %	17

РЗ. Количество семян в бобе сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, штук

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество семян в бобе по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	2,8	2,67	2,95	8,42	2,81
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,96	3,02	3,18	9,16	3,05
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,89	2,89	2,93	8,71	2,9
Hidaka	Контроль, без обработки	2,5	2,33	2,93	7,76	2,59
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,54	2,6	2,39	7,53	2,51
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,91	2,93	3,06	8,9	3,0
А	Контроль, без обработки	2,51	2,3	2,37	7,18	2,39
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,38	2,3	2,39	7,07	2,36
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,63	2,78	2,53	7,94	2,65
F	Контроль, без обработки	2,28	2,42	2,33	7,03	2,34
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,33	2,44	2,48	7,25	2,42
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,66	2,45	2,47	7,58	2,53
Сумма Р		31,39	31,13	32,01	$\Sigma=94,53$	$x=2,63$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	2,45	35	-	-	-
Повторений	0,03	2	-	-	-
Фактор (А)	1,4	3	0,47	27,85	3,05
Фактор (В)	0,34	2	0,17	10,27	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,31	6	0,05	3,07	2,55
Остаточное (ошибки)	0,37	22	0,02	-	-

Ошибка опыта, %	2,7
Ошибка разности средних	0,11
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,22
Ошибка разности средних по фактору А	0,06
НСР ₀₅ (фактор А)	0,13
Ошибка разности средних по фактору В	0,05
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	0,11
Влияние фактора А, %	58
Влияние фактора В, %	17
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	0
Влияние повторений, %	10
Влияние ошибки, %	15

Р4. Количество семян в бобе сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, штук (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Количество семян в бобе по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	2,76	2,63	2,91	8,3	2,77
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,92	2,98	3,13	9,03	3,01
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,85	2,85	2,89	8,59	2,86
Hidaka	Контроль, без обработки	2,42	2,37	2,8	7,59	2,53
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,44	2,54	2,48	7,46	2,49
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,73	2,81	3,01	8,55	2,85
А	Контроль, без обработки	2,58	2,37	2,45	7,4	2,47
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,49	2,4	2,48	7,37	2,46
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,71	2,87	2,66	8,24	2,75
F	Контроль, без обработки	2,38	2,51	2,47	7,36	2,45
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,45	2,54	2,53	7,52	2,51
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,71	2,59	2,59	7,89	2,63
Сумма Р		31,44	31,46	32,4	$\Sigma=95,3$	$x=2,65$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	1,52	35	-	-	-
Повторений	0,05	2	-	-	-
Фактор (А)	0,69	3	0,23	20,63	3,05
Фактор (В)	0,3	2	0,15	13,65	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,23	6	0,04	3,49	2,55
Остаточное (ошибки)	0,25	22	0,01	-	-

Ошибка опыта, %	2,3
Ошибка разности средних	0,09
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,18
Ошибка разности средних по фактору А	0,05
НСР ₀₅ (фактор А)	0,1
Ошибка разности средних по фактору В	0,04
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	0,09
Влияние фактора А, %	48
Влияние фактора В, %	24
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	17
Влияние повторений, %	11
Влияние ошибки, %	0

Приложение Q

Q1. Биологическая урожайность сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2022 году, т/га

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Биологическая урожайность по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	2,83	2,98	3,46	9,27	3,09
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,81	3,21	3,42	9,44	3,15
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,55	3,76	3,44	10,75	3,58
Hidaka	Контроль, без обработки	3,62	3,13	3,44	10,19	3,4
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,61	3,39	3,66	10,66	3,55
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,94	4,06	4,02	12,02	4,01
А	Контроль, без обработки	3,7	4,14	4,04	11,88	3,96
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,25	4,14	4,41	12,8	4,27
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	5,23	4,51	5,03	14,77	4,92
F	Контроль, без обработки	3,39	3,87	4,05	11,31	3,77
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,24	4,16	4,44	12,84	4,28
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,79	4,13	4,51	13,43	4,48
Сумма Р		45,96	45,48	47,92	Σ=139,36	x=3,87

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	11,68	35	-	-	-
Повторений	0,28	2	-	-	-
Фактор (А)	6,84	3	2,28	39,57	3,05
Фактор (В)	2,95	2	1,47	25,57	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,34	6	0,06	0,99	2,55
Остаточное (ошибки)	1,27	22	0,06	-	-

Ошибка опыта, %	0,2
Ошибка разности средних	0,2
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,41
Ошибка разности средних по фактору А	0,11
НСР ₀₅ (фактор А)	0,23
Ошибка разности средних по фактору В	0,1
НСР ₀₅ (фактор В)	0,2
Влияние фактора А, %	60
Влияние фактора В, %	28
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	2
Влияние повторений, %	6
Влияние ошибки, %	4

Q2. Биологическая урожайность сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2023 году, т/га

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Биологическая урожайность по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	2,99	3,15	3,53	9,67	3,22
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,18	3,63	3,61	10,42	3,47
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,75	3,84	3,51	11,1	3,7
Hidaka	Контроль, без обработки	3,41	3,05	3,6	10,06	3,35
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,9	3,84	3,87	11,61	3,87
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,01	4,0	4,1	12,11	4,04
А	Контроль, без обработки	3,92	3,94	4,12	11,98	3,99
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,33	4,08	4,83	13,24	4,41
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	5,15	4,61	4,46	14,22	4,74
F	Контроль, без обработки	3,34	3,94	3,99	11,27	3,76
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,04	4,06	4,18	12,28	4,09
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,83	4,17	4,24	13,24	4,41
Сумма Р		46,85	46,31	48,04	$\Sigma=141,2$	$x=3,92$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	8,5	35	-	-	-
Повторений	0,13	2	-	-	-
Фактор (А)	4,28	3	1,43	21,09	3,05
Фактор (В)	2,49	2	1,25	18,41	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,1	6	0,02	0,24	2,55
Остаточное (ошибки)	0,49	22	0,07	-	-

Ошибка опыта, %	0,4
Ошибка разности средних	0,21
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,44
Ошибка разности средних по фактору А	0,12
НСР ₀₅ (фактор А)	0,25
Ошибка разности средних по фактору В	0,11
НСР ₀₅ (фактор В)	0,22
Влияние фактора А, %	49
Влияние фактора В, %	28
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	7
Влияние повторений, %	1
Влияние ошибки, %	15

Q3. Биологическая урожайность сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением в 2024 году, т/га

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Биологическая урожайность по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	3,25	3,31	4,12	10,68	3,56
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,47	3,96	4,22	11,65	3,88
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,23	4,03	3,96	12,22	4,07
Hidaka	Контроль, без обработки	3,56	3,3	3,38	10,24	3,41
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,86	4,19	4,68	12,73	4,24
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,53	4,35	4,79	13,67	4,56
А	Контроль, без обработки	3,95	4,11	3,74	11,8	3,93
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,08	3,97	4,7	12,75	4,25
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,52	4,33	4,35	13,2	4,4
F	Контроль, без обработки	3,37	3,71	4,02	11,1	3,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,66	3,96	4,22	11,84	3,95
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,24	4,21	4,13	12,58	4,19
Сумма Р		46,72	47,43	50,31	$\Sigma=144,46$	x=4,01

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	5,89	35	-	-	-
Повторений	0,6	2	-	-	-
Фактор (А)	0,64	3	0,21	3,24	3,05
Фактор (В)	2,65	2	1,33	20,13	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,55	6	0,09	1,4	2,55
Остаточное (ошибки)	1,45	22	0,07	-	-

Ошибка опыта, %	0,4
Ошибка разности средних	0,21
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,43
Ошибка разности средних по фактору А	0,12
НСР ₀₅ (фактор А)	0,25
Ошибка разности средних по фактору В	0,1
НСР ₀₅ (фактор В)	0,22
Влияние фактора А, %	10
Влияние фактора В, %	42
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	24
Влияние повторений, %	5
Влияние ошибки, %	19

Q4. Биологическая урожайность сои овощной в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, т/га (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Биологическая урожайность по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	3,02	3,15	3,7	9,87	3,29
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,15	3,6	3,75	10,5	3,5
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,84	3,88	3,64	11,36	3,78
Hidaka	Контроль, без обработки	3,53	3,16	3,47	10,16	3,39
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,79	3,81	4,07	11,67	3,89
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,16	4,14	4,3	12,6	4,2
А	Контроль, без обработки	3,86	4,06	3,97	11,89	3,96
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,22	4,06	4,65	12,93	4,31
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,97	4,48	4,61	14,06	4,69
F	Контроль, без обработки	3,37	3,84	4,02	11,23	3,74
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,98	4,06	4,28	12,32	4,11
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,62	4,17	4,29	13,09	4,36
Сумма Р		46,51	46,41	48,75	Σ=141,68	x=3,93

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	7,21	35	-	-	-
Повторений	0,29	2	-	-	-
Фактор (А)	3,11	3	1,04	21,61	3,05
Фактор (В)	2,64	2	1,32	27,45	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,11	6	0,02	0,37	2,55
Остаточное (ошибки)	1,06	22	0,05	-	-

Ошибка опыта, %	0,5
Ошибка разности средних	0,18
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,37
Ошибка разности средних по фактору А	0,1
НСР ₀₅ (фактор А)	0,21
Ошибка разности средних по фактору В	0,09
НСР ₀₅ (фактор В)	0,18
Влияние фактора А, %	44
Влияние фактора В, %	32
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	3
Влияние повторений, %	1
Влияние ошибки, %	20

Приложение R

Содержание воды в семенах сои овощной в фазе технической спелости в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, г/100 г абсолютно сухой массы (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Содержание воды по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	6,0	5,9	6,7	18,6	6,2
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	7,0	6,7	7,3	21,0	7,0
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	7,1	7,0	7,8	21,9	7,3
Hidaka	Контроль, без обработки	7,5	7,3	8,6	23,4	7,8
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	8,5	8,3	9,0	25,8	8,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	8,4	8,3	9,1	25,8	8,6
А	Контроль, без обработки	7,5	7,3	8,6	23,4	7,8
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	8,5	8,3	9,0	25,8	8,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	8,8	8,6	9,0	26,4	8,8
F	Контроль, без обработки	6,7	6,5	7,2	20,4	6,8
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	7,4	7,2	8,2	22,8	7,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	7,5	7,4	7,9	22,8	7,6
Сумма Р		90,9	88,8	98,4	Σ=278,1	х=7,7

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	26,99	35	-	-	-
Повторений	4,24	2	-	-	-
Фактор (А)	15,97	3	5,32	196,8	3,05
Фактор (В)	6,04	2	3,02	111,76	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,13	6	0,02	0,83	2,55
Остаточное (ошибки)	0,59	22	0,03	-	-

Ошибка опыта, %	1,2
Ошибка разности средних	0,13
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,28
Ошибка разности средних по фактору А	0,08
НСР ₀₅ (фактор А)	0,16
Ошибка разности средних по фактору В	0,07
НСР ₀₅ (фактор В)	0,14
Влияние фактора А, %	60
Влияние фактора В, %	20
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	0
Влияние повторений, %	17
Влияние ошибки, %	3

Приложение S

Содержание белка в семенах сои овощной в фазе технической спелости в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, г/100 г абсолютно сухой массы (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Содержание белка по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	32,9	32,7	33,7	99,3	33,1
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	33,6	33,1	35,3	102,0	34,0
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	33,8	33,2	35,6	102,6	34,2
Hidaka	Контроль, без обработки	32,7	32,1	34,8	99,6	33,2
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	33,5	33,0	35,8	102,3	34,1
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	34,1	33,6	36,1	103,8	34,6
А	Контроль, без обработки	35,2	34,5	36,5	106,2	35,4
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	35,9	35,3	37,7	108,9	36,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	36,4	36,0	39,2	111,6	37,2
F	Контроль, без обработки	35,1	34,8	37,2	107,1	35,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	36,2	35,9	37,7	109,8	36,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	36,5	36,1	38,7	111,3	37,1
Сумма Р		415,9	410,3	438,3	Σ=1264,5	x=35,1

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	109,05	35	-	-	-
Повторений	36,59	2	-	-	-
Фактор (А)	57,31	3	19,1	191,61	3,05
Фактор (В)	12,46	2	6,23	62,51	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,49	6	0,08	0,83	2,55
Остаточное (ошибки)	2,19	22	0,1	-	-

Ошибка опыта, %	0,5
Ошибка разности средних	0,26
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,53
Ошибка разности средних по фактору А	0,15
НСР ₀₅ (фактор А)	0,31
Ошибка разности средних по фактору В	0,13
НСР ₀₅ (фактор В)	0,27
Влияние фактора А, %	53
Влияние фактора В, %	11
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	1
Влияние повторений, %	33
Влияние ошибки, %	2

Приложение Т

Содержание жира в семенах сои овощной в фазе технической спелости в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, г/100 г абсолютно сухой массы (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Содержание жира по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	13,7	13,5	14,8	42,0	14,0
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	15,0	14,8	15,5	45,3	15,1
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	15,5	15,1	16,5	47,1	15,7
Hidaka	Контроль, без обработки	13,4	13,0	14,4	40,8	13,6
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	14,4	14,2	15,5	44,1	14,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	14,4	14,0	15,7	44,1	14,7
А	Контроль, без обработки	11,5	11,2	12,7	35,4	11,8
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	12,6	12,3	13,8	38,7	12,9
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	12,4	11,9	13,8	38,1	12,7
F	Контроль, без обработки	11,3	11,0	12,8	35,1	11,7
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	12,2	11,9	13,7	37,8	12,6
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	12,8	12,5	13,7	39,0	13,0
Сумма Р		159,2	155,4	172,9	Σ=487,5	x=13,5

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	70,97	35	-	-	-
Повторений	14,12	2	-	-	-
Фактор (А)	44,53	3	14,84	454,57	3,05
Фактор (В)	10,82	2	5,41	165,69	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,78	6	0,13	3,98	2,55
Остаточное (ошибки)	0,72	22	0,03	-	-

Ошибка опыта, %	0,7
Ошибка разности средних	0,15
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,3
Ошибка разности средних по фактору А	0,08
НСР ₀₅ (фактор А)	0,18
Ошибка разности средних по фактору В, АВ	0,07
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	0,15
Влияние фактора А, %	63
Влияние фактора В, %	15
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	2
Влияние повторений, %	19
Влияние ошибки, %	1

Приложение U

Содержание клетчатки в семенах сои овощной в фазе технической спелости в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, г/100 г абсолютно сухой массы (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Содержание клетчатки по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	2,6	2,4	2,8	7,8	2,6
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,6	2,5	3,0	8,1	2,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,7	2,5	3,5	8,7	2,9
Hidaka	Контроль, без обработки	2,6	2,3	2,9	7,8	2,6
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,5	2,2	3,4	8,1	2,7
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,7	2,4	3,6	8,7	2,9
А	Контроль, без обработки	2,6	2,5	3,6	8,7	2,9
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,7	2,4	3,9	9,0	3,0
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,0	2,8	3,8	9,6	3,2
F	Контроль, без обработки	2,9	2,6	3,8	9,3	3,1
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,0	2,7	3,9	9,6	3,2
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,1	2,9	4,2	10,2	3,4
Сумма Р		33,0	30,2	42,4	Σ=105,6	x=2,9

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	9,8	35	-	-	-
Повторений	6,81	2	-	-	-
Фактор (А)	1,62	3	0,54	14,61	3,05
Фактор (В)	0,56	2	0,28	7,57	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,01	6	0,02	0,04	2,55
Остаточное (ошибки)	0,81	22	0,04	-	-

Ошибка опыта, %	3,8
Ошибка разности средних	0,16
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,32
Ошибка разности средних по фактору А	0,09
НСР ₀₅ (фактор А)	0,19
Ошибка разности средних по фактору В	0,08
НСР ₀₅ (фактор В)	0,16
Влияние фактора А, %	15
Влияние фактора В, %	3
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	3
Влияние повторений, %	69
Влияние ошибки, %	10

Приложение V

Содержание золы в семенах сои овощной в фазе технической спелости в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, г/100 г абсолютно сухой массы (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Содержание золы по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	2,2	2,0	2,7	6,9	2,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,9	2,7	3,4	9,0	3,0
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,0	2,8	3,8	9,6	3,2
Hidaka	Контроль, без обработки	4,1	3,9	4,6	12,6	4,2
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,7	4,5	5,5	14,7	4,9
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	5,0	4,9	6,0	15,9	5,3
А	Контроль, без обработки	3,3	3,0	3,9	10,2	3,4
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,9	3,6	4,5	12,0	4,0
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,3	4,1	5,1	13,5	4,5
F	Контроль, без обработки	3,2	2,9	4,1	10,2	3,4
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,0	3,8	4,5	12,3	4,1
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,1	3,7	5,1	12,9	4,3
Сумма Р		44,7	41,9	53,2	Σ=139,8	x=3,9

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	30,05	35	-	-	-
Повторений	5,77	2	-	-	-
Фактор (А)	17,57	3	5,86	369,89	3,05
Фактор (В)	6,24	2	3,12	197,21	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,11	6	0,02	1,21	2,55
Остаточное (ошибки)	0,35	22	0,02	-	-

Ошибка опыта, %	1,8
Ошибка разности средних	0,1
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,21
Ошибка разности средних по фактору А	0,06
НСР ₀₅ (фактор А)	0,12
Ошибка разности средних по фактору В	0,05
НСР ₀₅ (фактор В)	0,11
Влияние фактора А, %	59
Влияние фактора В, %	20
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	1
Влияние повторений, %	19
Влияние ошибки, %	1

Приложение W

Содержание фосфора в семенах сои овощной в фазе технической спелости в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, мг/100 г абсолютно сухой массы (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Содержание фосфора по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	1458	1453	1469	4380	1460
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1517	1514	1529	4560	1520
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1577	1573	1590	4740	1580
Hidaka	Контроль, без обработки	1986	1982	2002	5970	1990
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2008	2004	2018	6030	2010
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2046	2043	2061	6150	2050
А	Контроль, без обработки	1885	1881	1904	5670	1890
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1898	1892	1910	5700	1900
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1957	1955	1968	5880	1960
F	Контроль, без обработки	1676	1671	1693	5040	1680
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1709	1704	1717	5130	1710
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1738	1735	1747	5220	1740
Сумма Р		21455	21407	21608	Σ=64470	x=1791

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	1363605,0	35	-	-	-
Повторений	1836,5	2	-	-	-
Фактор (А)	1320475,0	3	440158,33	103566,7	3,05
Фактор (В)	36650,0	2	18325,0	4311,76	3,44
Взаимодействия (АВ)	4550,0	6	758,33	178,43	2,55
Остаточное (ошибки)	93,5	22	4,25	-	-

Ошибка опыта, %	3,5
Ошибка разности средних	1,68
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	3,48
Ошибка разности средних по фактору А	0,97
НСР ₀₅ (фактор А)	2,01
Ошибка разности средних по фактору В, АВ	0,84
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	1,74
Влияние фактора А, %	97
Влияние фактора В, %	3
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	0
Влияние повторений, %	0
Влияние ошибки, %	0

Приложение X

Содержание калия в семенах сои овощной в фазе технической спелости в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, мг/100 г абсолютно сухой массы (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Содержание калия по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	1856	1852	1872	5580	1860
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1977	1975	1988	5940	1980
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2097	2093	2110	6300	2100
Hidaka	Контроль, без обработки	2074	2072	2094	6240	2080
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2186	2184	2200	6570	2190
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2155	2151	2174	6480	2160
А	Контроль, без обработки	1867	1862	1881	5610	1870
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1906	1901	1923	5730	1910
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	1964	1962	1984	5910	1970
F	Контроль, без обработки	1865	1862	1883	5610	1870
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1988	1983	1999	5970	1990
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2107	2104	2119	6330	2110
Сумма Р		24042	24001	24227	$\Sigma=72270$	$x=2007$

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	459779,0	35	-	-	-
Повторений	2416,17	2	-	-	-
Фактор (А)	249875,0	3	83291,67	20862,43	3,05
Фактор (В)	165150,0	2	82575,0	20682,92	3,44
Взаимодействия (АВ)	42250,0	6	7041,67	1763,76	2,55
Остаточное (ошибки)	87,83	22	3,99	-	-

Ошибка опыта, %	3,4
Ошибка разности средних	1,63
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	3,38
Ошибка разности средних по фактору А	0,94
НСР ₀₅ (фактор А)	1,95
Ошибка разности средних по фактору В, АВ	0,82
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	1,69
Влияние фактора А, %	54
Влияние фактора В, %	36
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	9
Влияние повторений, %	1
Влияние ошибки, %	0

Приложение У

Содержание железа в семенах сои овощной в фазе технической спелости в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, мг/100 г абсолютно сухой массы (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Содержание железа по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	3,13	3,11	3,18	9,42	3,14
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,81	3,78	3,93	11,52	3,84
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,79	3,75	3,89	11,43	3,81
Hidaka	Контроль, без обработки	4,7	4,67	4,85	14,22	4,74
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	5,27	5,24	5,39	15,9	5,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	5,35	5,31	5,54	16,2	5,4
А	Контроль, без обработки	4,11	4,06	4,22	12,39	4,13
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	4,79	4,72	4,98	14,49	4,83
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	4,72	4,68	4,88	14,28	4,76
F	Контроль, без обработки	5,27	5,24	5,39	15,9	5,3
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	5,31	5,26	5,48	16,05	5,35
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	5,68	5,63	5,79	17,1	5,7
Сумма Р		55,93	55,45	57,52	Σ=168,9	x=4,69

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	21,04	35	-	-	-
Повторений	0,2	2	-	-	-
Фактор (А)	17,96	3	5,98	8255,68	3,05
Фактор (В)	2,43	2	1,22	1677,96	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,44	6	0,07	101,78	2,55
Остаточное (ошибки)	0,02	22	0,01	-	-

Ошибка опыта, %	0,4
Ошибка разности средних	0,22
t ₀₅	2,07
НСР ₀₅ (частных различий)	0,24
Ошибка разности средних по фактору А	0,21
НСР ₀₅ (фактор А)	0,33
Ошибка разности средних по фактору В, АВ	0,11
НСР ₀₅ (фактор В, АВ)	0,22
Влияние фактора А, %	86
Влияние фактора В, %	11
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	0
Влияние повторений, %	3
Влияние ошибки, %	0

Приложение Z

Содержание цинка в семенах сои овощной в фазе технической спелости в зависимости от сортов, сортообразцов и предпосевной обработки семян биопрепаратом и микробиологическим удобрением, мг/100 г абсолютно сухой массы (среднее за 2022–2024 гг.)

Сорт, сортообразец (фактор А)	Биопрепарат, микробиологическое удобрение (фактор В)	Содержание цинка по повторениям			Сумма V	Средние
		I	II	III		
Брянская 11 (St)	Контроль, без обработки	1,79	1,74	1,9	5,43	1,81
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,25	2,21	2,44	6,9	2,3
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,74	2,7	2,93	8,37	2,79
Hidaka	Контроль, без обработки	2,28	2,24	2,41	6,93	2,31
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	2,77	2,71	2,92	8,4	2,8
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,25	3,21	3,41	9,87	3,29
А	Контроль, без обработки	2,61	2,54	2,77	7,92	2,64
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	3,1	3,06	3,23	9,39	3,13
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	3,54	3,51	3,81	10,86	3,62
F	Контроль, без обработки	1,52	1,48	1,62	4,62	1,54
	Оптимайз 400, РК, 1,8 л/т	1,97	1,94	2,18	6,09	2,03
	БиоБеСтА, Ж, 1,0 л/т	2,46	2,42	2,68	7,56	2,52
Сумма Р		30,28	29,76	32,3	Σ=92,34	x=2,56

Результаты дисперсионного анализа

Вид варьирования	Сумма квадратов отклонения	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	F _{фактич.}	F ₀₅
Общее	12,66	35	-	-	-
Повторений	0,3	2	-	-	-
Фактор (А)	6,58	3	2,19	2783,04	3,05
Фактор (В)	5,76	2	2,88	3656,91	3,44
Взаимодействия (АВ)	0,02	6	0,01	0,07	2,55
Остаточное (ошибки)	0,02	22	0,01	-	-

Ошибка опыта, %	0,8
Ошибка разности средних	0,12
НСР ₀₅ (частных различий)	0,25
Ошибка разности средних по фактору А	0,11
НСР ₀₅ (фактор А)	0,33
Ошибка разности средних по фактору В	0,21
НСР ₀₅ (фактор В)	0,32
Влияние фактора А, %	51
Влияние фактора В, %	45
Влияние взаимодействия факторов АВ, %	0
Влияние повторений, %	1
Влияние ошибки, %	3