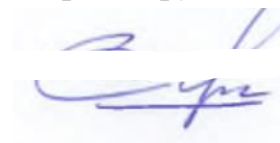


На правах рукописи



ГЕТМАНСКИЙ ВАЛЕНТИН ВЛАДИМИРОВИЧ

**АГРОЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ
ПРЯМОГО ПОСЕВА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ В
АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ**

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Благовещенск – 2026

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»

Научный

руководитель:

Тихончук Павел Викторович,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты:

Дридигер Виктор Корнеевич,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Северо-Кавказский
федеральный научный аграрный центр»,
главный научный сотрудник

Федорова Тамара Николаевна,

кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ
«Дальневосточный научно-исследовательский
институт сельского хозяйства Хабаровского
федерального исследовательского центра
Дальневосточного отделения РАН», старший
научный сотрудник

Ведущая организация:

ФГБНУ «Ульяновский государственный
аграрный университет имени П. А. Столыпина»

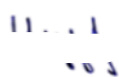
Защита состоится «15» декабря 2026 г. в 15:00 на заседании диссертационного совета Д 35.2.013.02 при ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет» по адресу: 675005 Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, корпус 1, зал совещаний (библиотека). Тел.: +7(4262) 99-99-98; e-mail: dis35201302@dalgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет» и на официальном сайте www.dalgau.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Учёный секретарь

диссертационного совета



Муратов Алексей Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В условиях роста цен на материально-технические ресурсы и санкционного давления, вопросы ресурсосбережения, повышения экономической эффективности и снижения себестоимости сельскохозяйственной продукции имеют первостепенное значение.

В Амурской области основной сельскохозяйственной культурой является соя, которая в структуре посевных площадей занимает более 70 %. Из-за небольшой площади зерновых культур (17,8 % пашни), важным предшественником сои является высокорентабельная культура – кукуруза на зерно. Но её поздняя уборка исключает подготовку зяби, а вынужденная весенняя обработка стерни кукурузы приводит к потере влаги, затягиванию сроков посева и снижению урожайности сои.

Степень разработанности темы исследования. Большой вклад в разработку технологии возделывания сои в Амурской области внесли Л.К. Дубовицкая, В.В. Епифанцев,, Е.Б. Захарова, В.Ф. Кузин, М.С. Кузьмин, Е.Т. Наумченко, К.А. Никульчев, А.А. Немыкин, С.В. Рафальский, В.В. Русаков, В.Т. Синеговская, П.В. Тихончук, С.В. Фокин, О.В. Щегорец и др. Ими изучены сорта сои, определены оптимальные сроки посева, разработаны системы удобрений и защиты посевов от сорняков, вредителей и болезней.

Возрастание топливно-энергетических затрат в структуре себестоимости продукции и дефицит кадров механизаторов вызывает необходимость перехода к менее трудоемким энергосберегающим технологиям возделывания сельскохозяйственных культур. Одной из таких является возделывание полевых культур, в том числе сои, по технологии прямого посева, при которой почва не обрабатывается и посев проводится специальными посевными агрегатами по растительным остаткам предшествующей культуры.

Цель исследования – обосновать применение технологии прямого посева при возделывании сои в условиях Амурской области.

Задачи исследования:

1. Изучить влияние технологий возделывания на агрофизические свойства, дыхание почвы и фитосанитарное состояние посевов сои;
2. Оценить влияние прямого посева на фотосинтетическую деятельность и симбиотический потенциал растений как физиологические факторы формирования продуктивности сои при разных нормах высева;

3. Установить продуктивность сои по прямому посеву и рекомендованной технологии при разных нормах высева;

4. Оценить экономическую эффективность прямого посева и рекомендованной технологии возделывания сои при разных нормах высева.

Научная новизна. Впервые для условий Амурской области дано комплексное агроэкономическое обоснование применения технологии прямого посева при возделывании сои на основе комплексной оценки ее влияния на условия роста, развития и продуктивности культуры в сравнении с рекомендованной технологией.

Теоретическая и практическая значимость. Научная значимость работы заключается в практической реализации инновационных технологий выращивания сои и создает базу для стратегий устойчивого земледелия в Амурской области. На основе результатов исследования даны производственно-практические рекомендации по агротехнологии сои сорта Дебют для Амурской области.

Производству рекомендовано в условиях Амурской области осуществлять прямой посев сои сорта Дебют по стерне кукурузы при норме высева 500 тыс. шт./га. Результаты исследований внедрены в ИП ГКФХ «Сердюков А. Н.» на площади 400 га с годовым экономическим эффектом 2,56 млн руб.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Закономерности влияния технологии прямого посева и норм высева на агрофизические показатели плодородия лугово-черноземовидной почвы, эмиссию CO₂, фитосанитарное состояние посевов, фотосинтетическую деятельность и симбиотический потенциал сои сорта Дебют в условиях Амурской области.

2. Параметры структурных элементов урожая и реализация продуктивного потенциала сои при возделывании по прямому посеву и рекомендованной технологии в зависимости от норм высева и условий вегетации.

3. Экономическая эффективность технологии прямого посева сои в условиях Амурской области, обеспечивающей повышение рентабельности производства и снижение себестоимости продукции.

Методология и методы исследования. Методология исследования основана на выборе и обосновании темы, постановки цели и задач, выбора методов, разработки исследовательской программы и плана. Методы

исследования: общенаучные (анализ, синтез, наблюдение, сравнение, замеры, эксперименты) и специальные (полевые, лабораторные, лабораторно-полевые, сравнительно-расчетные, статистическая обработка).

Степень достоверности результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается многолетними исследованиями, многократной повторностью вариантов, использованием общепринятых методик и ГОСТов, дисперсионным анализом данных. Полученные результаты опубликованы в научных статьях, прошедшие редакционную и экспертную проверку.

Личный вклад автора: самостоятельный анализ специальной литературы по теме работы, проведение полевых и лабораторных опытов, обобщение полученных результатов, написание диссертации, подготовка к печати научных работ. Долевое участие автора составляет более 95 %.

Апробация работы. Результаты исследований данной работы, её основные положения были заслушаны и получили положительную оценку на заседаниях кафедры общего земледелия, растениеводства и селекции ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет» в 2022-2024 гг., а также на международных (Благовещенск, 2023 2024) и Всероссийской научно-практической конференции (Барнаул, 2023).

По материалам диссертационной работы опубликовано 10 научных работ, в том числе 5 – в изданиях ВАК (категория 1 и 2), 5 – в материалах научно-практических конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 143 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 25 таблиц, 26 рисунков, заключения, рекомендаций производству, списка литературы, включающего 213 наименования, в том числе 31 – на иностранном языке.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ В УСЛОВИЯХ ПРИАМУРЬЯ (Обзор литературы)

Приведен обзор научной литературы по значению, морфологическим и биологическим особенностям сои, проанализированы современные технологии возделывания культуры в условиях Амурской области. Проведен анализ прямого посева как ресурсосберегающей технологии. Выявлены её положительные и отрицательные стороны. Освещено состояние изученности норм высева сортов сои в традиционных технологиях возделывания культуры.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в 2022-2024 гг. в Дальневосточном государственном аграрном университете на опытном поле в условиях ГКФХ «Сердюков А.Н.», расположенном в южной зоне Амурской области, где сумма активных температур воздуха составляет 1700-1900 °С, за год выпадает 498 мм осадков, из них 317 мм (63,7 %) в летние месяцы. Почва опытного поля – лугово-черноземовидная среднесуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое почвы составляет 4,15 %, массовая доля подвижных соединений фосфора P_2O_5 и обменного калия K_2O 33 мг/кг, азота нитратов – 4,1 мг/кг почвы.

Более благоприятные погодные условия для возделывания сои складывались в 2022 и 2023 гг., когда количество годовых осадков было близким к среднегодовым значениям, ГТК составил 1,6 и 1,7. Засушливым с недобором 100 мм (20,1 %) осадков и ГТК = 1,1, был 2024 год.

Объектом исследования был сорт сои Дебют, созданный в Дальневосточном государственном аграрном университете. Предмет исследования – реакция сои на возделывание по технологии прямого посева в сравнении с рекомендованной технологией при разных нормах высева.

Исследования проводили в двухфакторном полевом опыте, где сою возделывали в развёрнутом в пространстве всеми полями севообороте: кукуруза на зерно – соя. Фактор А – технология возделывания сои: прямой посев, рекомендованная технология (контроль), фактор Фактор В – норма высева всхожих семян сои: 400, 500, 600 и 700 тыс. шт./га (контроль). Делянки в опыте размещали в 1 ярус. Повторность вариантов опыта четырехкратная, площадь учетной делянки 900 м² (ширина – 9 м, длина – 100 м).

При возделывании сои по рекомендованной технологии проводили весеннее двукратное дискование на глубину 16-18 см и 6-8 см. По технологии прямого посева делянки после посева и до появления всходов сои опрыскивали гербицидом сплошного действия Кайман, ВР в дозе 2 л/га.

По обеим технологиям семена сои протравливали фунгицидом Флудимакс, КС в дозе 2 л/т и инсектицидом Круйзер 600, КС (0,5 л/т). Посев проводили в третьей декаде мая сеялкой DMC 9000 с одновременным внесением сульфаммофоса ($N_{20}P_{20}S_{14}$) в дозе 50 кг/га (ф.в.). Норма высева семян соответствовала схеме исследований.

В борьбе с двудольными сорняками сою в фазе первого тройчатого листа

опрыскивали баковой смесью гербицидов Базагран, ВР (1,6 л/га) + Тифенс, ВДГ (0,006 кг/га) + Команч, КЭ (0,4 л/га). Против однодольных сорняков в фазе третьего тройчатого листа работали гербицидом Легат, КЭ (0,4 л/га). В фазе ветвления и до образования бобов сою обрабатывали фунгицидом Амистар Голд, СК (1 л/га) и инсектицидом Клотиамет Дуо, КС (0,25 л/га).

Определение агрофизических свойств почвы (запасы продуктивной влаги, плотность сложения, капиллярная влагоёмкость) проводили послойно в слое 0-50 см с шагом 10 см общепринятыми методами после посева и в фазе полной спелости сои (ГОСТ 28268-89; ГОСТ 5180-2015; Ганжара, Щеглов, 2007). Эмиссию CO₂ оценивали методом закрытых непрозрачных камер с использованием инфракрасного газоанализатора AZ 7752, одновременно фиксировали температуру почвы и приземного слоя воздуха с помощью термометра с выносным датчиком Chestemp1. Засорённость посевов оценивали количественно-весовым методом до гербицидных обработок (в фазе первого тройчатого листа сои) и после их проведения (в фазе образования бобов).

Фотосинтетическую деятельность растений сои оценивали путем определения площади листовой поверхности, фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза по методике В.Т. Синеговской с коллегами (2016) в начало цветения, образования бобов и налива семян. Урожайность сои определяли поделяночной уборкой комбайном John Deere с пересчетом на стандартную чистоту и влажность. Структуру урожая анализировали по сноповым образцам, отобраным в фазе полной спелости семян. Экономическую эффективность рассчитывали по технологическим картам с учетом рыночных цен каждого года исследования. Статистическую обработку данных проводили методами вариационной и дисперсионной статистики (Доспехов, 2014) с использованием Microsoft Excel. Для выявления взаимодействия между показателями проводили корреляционный анализ с расчетом коэффициента парной корреляции Пирсона.

3. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМОВИДНОЙ ПОЧВЫ

Применение прямого посева сои по стерне кукурузы обеспечивает сохранение на поверхности поля пожнивных остатков, средняя масса которых в 8,5 раз превышает таковую при рекомендованной технологии (8,55-10,20 т/га

против 1,04-1,24 т/га).

В среднем за 2022-2024 гг. в слое 0-50 см плотность почвы находилась в пределах 1,36-1,40 г/см³, а содержание воздуха – от 9,5 до 13,1%. Различия между прямым посевом и рекомендованной технологией были статистически недостоверными.

После уборки сои капиллярная влагоемкость в слое почвы 0-50 см при прямом посеве составила 35,6 %, что на 1,2 абсолютных процента больше в сравнении с рекомендованной технологией.

Содержание продуктивной влаги зависело от агрофизических свойств почвы и условий увлажнения. В благоприятном по увлажнению 2022 году (за вегетацию сои выпало 392 мм осадков) изучаемые технологии возделывания оказывали равноценное влияние на запасы доступной влаги в 0-50 см слое после уборки сои (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние технологии возделывания на содержание доступной влаги в слое почвы 0-50 см после уборки сои, мм

Год	Технология возделывания		НСР ₀₅
	прямой посев	рекомендованная	
2022	89,7	87,2	$F_{\phi} < F_{05}$
2023	84,9	89,2	3,4
2024	65,7	52,3	3,1
Среднее	80,1	76,2	$F_{\phi} < F_{05}$

Регрессионный анализ взаимосвязи между запасами влаги и плотностью почвы показал более высокие значения R^2 при прямом посеве (0,93), по сравнению с рекомендованной технологией (0,84).

В переувлажненном к концу вегетации 2023 году (осадков в августе и сентября на 118 мм больше климатической нормы) запасы продуктивной влаги после уборки сои по рекомендованной технологии превышали на 4,3 мм показатели прямого посева. Взаимосвязь между запасами доступной влаги и капиллярной влагоемкостью при рекомендованной технологией практически отсутствует ($R^2 = 0,03$), тогда как при прямом посеве она выше ($R^2 = 0,36$). Прямой посев обеспечивал более благоприятную агрофизическую среду, при которой осадки лучше проникали вглубь почвенного профиля благодаря более высокой общей пористости (на 1,6 абсолютных процента в сравнении с рекомендованной технологией).

В засушливых условиях 2024 года разница между содержанием

доступной влаги усилилась в пользу прямого посева: 65,7 мм против 52,3 мм. Парная корреляция между плотностью почвы и капиллярной влагоемкостью показала, что при рекомендованной технологии сохраняется ослабленная классическая тенденция: при снижении плотности почвы капиллярная влагоемкость возрастает. При прямом посеве зоны с оптимальной плотностью (1,34-1,37 г/см³) обладают максимальной капиллярной влагоемкостью (до 36,6%). При такой технологии снижение плотности не ведет к потере влаги, а сопровождается ростом способности удерживать влагу в капиллярах.

Технология прямого посева способствует снижению эмиссии CO₂ по сравнению с рекомендованной технологией, что подтверждается меньшими величинами потерь углерода в посевах сои (1,67 против 1,82 г С м⁻² сут⁻¹) и сдерживанием пиковых значений дыхания почвы в летние месяцы.

4 ХОД ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И НОРМ ВЫСЕВА

В среднем за 2022-2024 гг. до применения гербицидов засоренность посевов сои в фазу первого тройчатого листа оценивалась как очень сильная и составляла 142,4 шт./м². Агрофитоценоз характеризовался многочисленным видовым составом с преобладанием яровых поздних сорняков: горец вьюнковый (*Polygonum convolvulus* L.) – 25,0 %, акалифа южная (*Acalypha australis* L.) – 22,0 %, шерстяк волосистый (*Eriochloa villosa* (Thunb.)) – 5,1 %, щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.) – 4,3 % и др. Вторую по значимости группу составили яровые ранние сорняки: марь белая (*Chenopodium album* L.) – 24,3 % и коммелина обыкновенная (*Commelina communis* L.) – 10,7 %. Среди многолетних сорняков очагово встречался хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), который занимал 5,5 %.

Установлено, что технология прямого посева обеспечивает существенное снижение засоренности посевов сои. До применения гербицидов при прямом посеве доля сои в структуре агрофитоценоза в 2,5-3,5 раза выше, а общая доля сорных растений в 1,5-2,2 раза ниже, чем по рекомендованной технологии (рисунок 1). Увеличение нормы высева снижает долю сорного компонента при обеих технологиях за счет усиления конкурентной способности сои. Видовой состав различается по технологиям возделывания: при рекомендованной технологии доминирует группа яровых поздних сорняков, при прямом посеве их доля снижается в 2-2,5 раза, однако увеличивается доля корневищных сорняков.

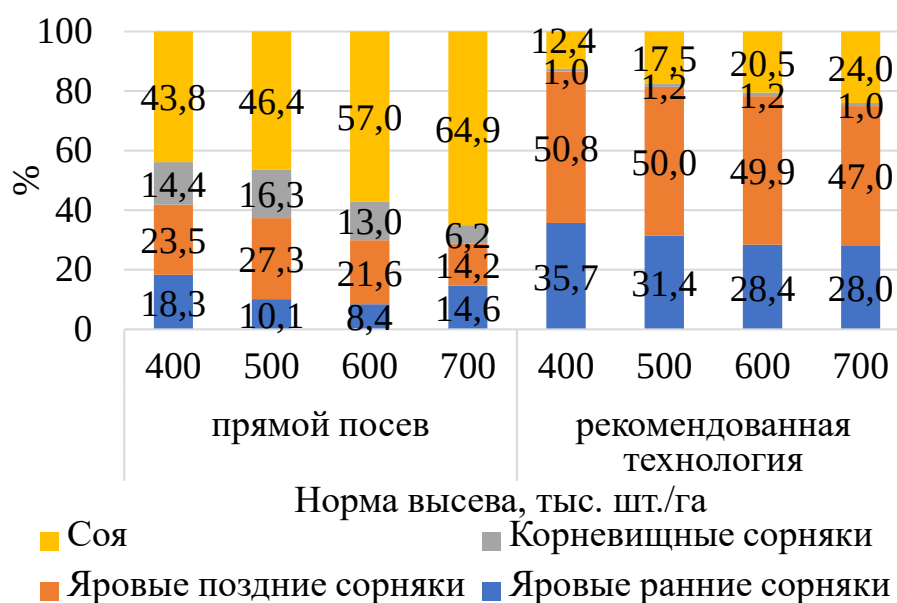


Рисунок 1 – Соотношение количества сорных растений и сои в структуре агрофитоценоза до применения гербицидов (среднее за 2022-2024 гг.)

По массе сорняки в агрофитоценозе прямого посева занимали 16,3 %, тогда как при рекомендованной технологии – 47,8 %, что соответственно оценивается как средняя и очень сильная засоренность посевов сои.

Гербициды снижали засоренность посевов в 4,1 раза – до 34,1 шт./м². В видовом составе так же преобладали яровые поздние сорняки, среди которых доминировала акалифа южная (*Acalypha australis* L.) – 58,4 % от общего количества сорняков. Вторую по значимости группу занимали яровые ранние: коммелина обыкновенная (*Commelina communis* L.) – 20,8 % и марь белая (*Chenopodium album* L.) – 6,0 %.

При прямом посеве количество сорняков после гербицидной обработки было достоверно меньше, чем в рекомендованной технологии (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние технологий возделывания и норм высева на засоренность посевов сои в фазе образования бобов, шт./м² (среднее за 2022-2024 гг.)

Технология возделывания (фактор А)	Норма высева, тыс. шт./га (фактор В)				Среднее по фактору А
	400	500	600	700	
Прямой посев	28,5	22,7	19,8	19,1	22,5
Рекомендованная	57,4	46,9	43,6	34,7	45,6
Среднее по фактору В	43,0	34,8	31,7	26,9	34,1
НСР ₀₅ для фактора А = 2,6 шт./м ² , НСР ₀₅ для фактора В = 3,7 шт./м ² , НСР ₀₅ для частных различий = 5,3 шт./м ²					

По нормам высева установлена четкая закономерность: при прямом посеве наименьшая и статистически равнозначная засоренность отмечена при нормах 500, 600 и 700 тыс. шт./га, тогда как снижение нормы высева до 400 тыс. шт./га привело к достоверному росту засорённости; по рекомендованной технологии оптимальной оказалась норма высева 700 тыс. шт./га, обеспечивающая снижение засоренности на 23,4 % по сравнению с нормами 500 и 600 тыс. шт./га и на 40,0 % – по сравнению с 400 тыс. шт./га.

После применения гербицидов доля сорняков в агрофитоценозе по рекомендованной технологии составила 3,4 %, по технологии прямого посева – 0,9 %, что в 3,8 раза меньше. Но в обоих случаях засоренность посевов сои характеризовалась как очень низкая – менее 5 %.

Во время начала цветения сои площадь листовой поверхности посева в среднем по всем нормам высева по рекомендованной технологии составляла 9,5 тыс. м²/га, что на 2,0 тыс. м²/га больше по сравнению с прямым посевом. Но в фазе образования бобов площадь ассимиляционной поверхности при прямом посеве во всех нормах высева была достоверно больше, чем по рекомендованной технологии, и наибольшей она была при норме высева 600 тыс. шт./га (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние технологии возделывания и норм высева на площадь листьев сои во время образования бобов, тыс. м²/га (среднее за 2022-2024 гг.)

Технология возделывания (фактор А)	Норма высева, тыс. шт./га (фактор В)				Среднее по фактору А
	400	500	600	700	
Прямой посев	30,5	33,2	37,4	31,6	33,1
Рекомендованная	27,6	30,6	31,7	30,9	30,1
Среднее по фактору В	29,1	31,9	34,6	31,3	31,6
НСР ₀₅ для фактора А=1,5 тыс. м ² /га, НСР ₀₅ для фактора В=2,2 тыс. м ² /га, НСР ₀₅ для частных различий=3,1 тыс. м ² /га					

Такая же закономерность сохранилась во время налива семян, когда площадь листьев при прямом посеве была достоверно на 3,6 тыс. м²/га больше по сравнению с рекомендованной технологией.

Фотосинтетический потенциал от появления всходов до начала цветения был значимо выше по рекомендованной технологии и составил 112 тыс. м²×дней/га против 99 тыс. м²×дней/га при прямом посеве. Наивысшие значения фотосинтетического потенциала получены в период от начала

цветения до образования бобов, разница между технологиями возделывания была не достоверной: 609 тыс. м²×дней/га при рекомендованной технологией и 623 тыс. м²×дней/га при прямом посеве. В межфазный период от образования бобов до налива семян фотосинтетический потенциал снизился на 12,4 % и при прямом посеве достоверно превышал рекомендованную технологию (567 тыс. м²×дней/га против 512 тыс. м²×дней/га). В период вегетации от налива семян до полного налива фотосинтетический потенциал снизился в 2,2 раза и был значимо выше при технологии прямого посева – 253 тыс. м²×дней/га, чем при рекомендованной технологии – 227 тыс. м²×дней/га.

Нормы высева сои так же оказывали влияние на фотосинтетический потенциал. В начале вегетации (всходы – начало цветения) он существенно возрастал с увеличением нормы от 75 тыс. м²×дней/га при 400 тыс. шт./га до 132 тыс. м²×дней/га при 700 тыс. шт./га, однако в последующие фазы эффективность высоких норм снижалась и к концу вегетации (налив семян – полный налив) различия между нормами высева стали не значимыми (фотосинтетический потенциал составлял от 237 тыс. м²×дней/га при норме высева 400 тыс. шт./га до 251 тыс. м²×дней/га при норме высева 700 тыс. шт./га).

В целом за вегетационный период фотосинтетический потенциал при всех нормах высева был существенно выше при прямом посеве, и самые высокие результаты были при норме высева 600 и 700 тыс. шт./га (рисунок 2).

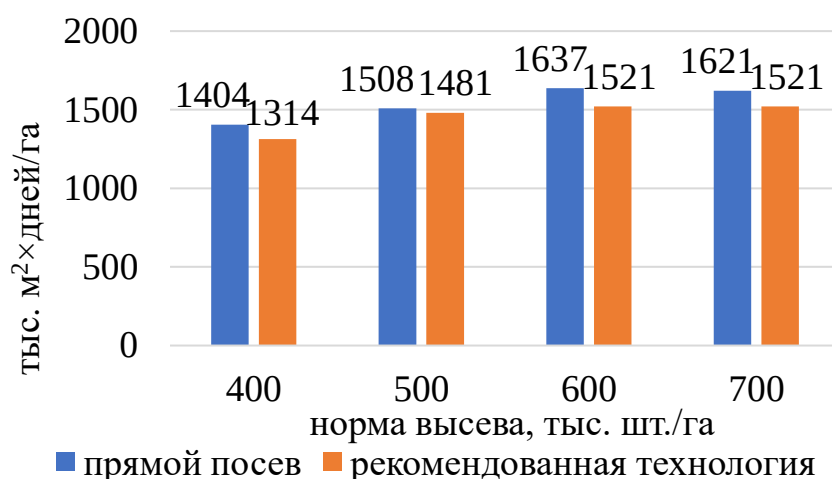


Рисунок 2 – Фотосинтетический потенциал посевов за период вегетации сои в зависимости от технологии возделывания и норм высева, тыс. м²×дней/га (среднее за 2022-2024 гг.)

Чистая продуктивность фотосинтеза за период начало цветения – налив

семян в среднем за три года составила $6,4 \text{ г/м}^2 \times \text{сутки}$ и на всех изучаемых вариантах она была более $4 \text{ г/м}^2 \times \text{сутки}$, что свидетельствует о высокой эффективности работы фотосинтетического аппарата растений сои. Существенных различий между технологиями и нормами высева по этому показателю не выявлено.

В среднем за 2022-2024 гг. в фазе начала цветения сои технологии возделывания оказывали равноценное влияние на сырую массу клубеньков на одном растении сои (0,44 г при рекомендованной технологии и 0,45 г при прямом посеве). Однако сухая масса клубеньков при прямом посеве составила 0,28 г/растение, что значимо на 0,3 г/растение больше, чем по рекомендованной технологии.

В фазе образования бобов сырая масса клубеньков на одном растении сои была значимо больше при прямом посеве (0,73 г против 0,66 г). Наибольшей в среднем по двум технологиям она была при норме высева 500 тыс. шт./га – 0,80 г/растение. Увеличение нормы высева до 600 и 700 тыс. шт./га привело к существенному снижению массы клубеньков (0,65 и 0,58 г соответственно).

К фазе налива семян масса клубеньков увеличилась в 2 раза. Преимущество прямого посева сохранилось – сырая и сухая масса клубеньков на одном растении (1,52 и 0,64 г) достоверно больше рекомендованной технологии (1,41 и 0,59 г соответственно). Наилучшее развитие клубеньков при прямом посеве отмечено при нормах высева 400 и 500 тыс. шт./га: сырая масса составила 1,66-1,65 г/растение, сухая масса 0,70-0,67 г/растение. Максимальное нарастание 1,23 г/растение сырой массы в период от начала цветения до налива семян зафиксировано при норме высева 500 тыс. шт./га, тогда как при норме высева 400 тыс. шт./га оно составило 1,16 г/растение.

При нормах высева 400 и 500 тыс. шт./га общий симбиотический потенциал был равнозначен по обеим технологиям: 24931 и 30355 кг $\times$ дней/га при прямом посеве, 24669 и 30128 кг $\times$ дней/га при рекомендованной технологии. При нормах высева 600 и 700 тыс. шт./га прямой посев существенно превышал рекомендованную технологию на 2887-7399 кг $\times$ дней/га и составил 33028 и 38905 кг $\times$ дней/га соответственно. При этом наибольший прирост (13974 кг $\times$ дней/га) симбиотического потенциала при увеличении нормы высева наблюдался при прямом посеве, в сравнении с рекомендованной технологией (6837 кг $\times$ дней/га), особенно в годы с более благоприятными условиями увлажнения.

5 ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И НОРМ ВЫСЕВА НА УРОЖАЙНОСТЬ СОИ

В среднем за 2022-2024 гг. высота растений сои находилась в пределах 79,6-90,6 см, что соответствует требованиям для успешной уборки комбайном. Более высокие растения сои формировались по рекомендованной технологии – 87,6 см, тогда как в технологии прямого посева высота стеблестоя сои составила 83,1 см. Высота прикрепления нижнего боба была очень высокой (>18 см), как в среднем по прямому посеву (18,5 см), так и в среднем по рекомендованной технологии (21,4 см). При норме высева 400 тыс. шт./га растения сои были самыми низкими (81,9 см), увеличение нормы до 500 тыс. шт./га не привело к статистически значимому росту стеблестоя, однако применение нормы высева 600 и 700 тыс. шт./га существенно увеличило высоту растений до 87,7 и 88,4 см соответственно. Высота прикрепления нижнего боба также увеличивалась с ростом нормы высева: от 18,2 см при 400 тыс. шт./га до 21,8 см при 700 тыс. шт./га.

Технологии возделывания сои оказывали равноценное влияние на количество бобов на одном растении сои. Однако при прямом посеве существенно увеличивалось количество семян на одном растении сои, по сравнению с рекомендованной технологией (таблица 4).

Таблица 4 – Количество бобов и семян на растениях сои в зависимости от технологии возделывания и норм высева (среднее за 2022-2024 гг.)

Норма высева, тыс. шт./га (фактор В)	Количество бобов, шт. на 1 растение	Количество семян, шт. на 1 растение
Прямой посев (фактор А)		
400	21,1	43,2
500	16,9	35,1
600	14,5	30,2
700	12,7	25,6
Средняя по фактору А	16,3	33,6
Рекомендованная технология (фактор А)		
400	19,7	40,1
500	16,5	33,7
600	13,9	28,6
700	11,6	23,6
Средняя по фактору А	15,4	31,5
НСР ₀₅ для фактора А	$F_{\phi} < F_{05}$	1,6
НСР ₀₅ для фактора В	1,2	2,3
НСР ₀₅ для частных различий	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

Наибольшее количество бобов и семян на одном растении сои формировалось при норме высева 400 тыс. шт./га, дальнейшее увеличение нормы высева приводило к снижению этих показателей и минимальным оно было с нормой высева 700 тыс. шт./га.

Масса семян с одного растения сои была существенно выше при прямом посеве сои и составила 5,7 г, по рекомендованной технологии она составила 5,5 г. Наибольшая масса семян с одного растения сои формировалась при минимальной норме высева – 7,3 г. С её увеличением продуктивность одного растения существенно снижалась до 4,2 г при норме высева 700 тыс. шт./га.

В 2022 году существенных различий по урожайности сои между технологиями не выявлено. В 2023 и в 2024 гг. прямой посев достоверно превышал рекомендованную технологию. В среднем за годы исследований урожайность при прямом посеве составила 2,83 т/га, что достоверно на 0,09 т/га выше, чем при рекомендованной технологии (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность сои в зависимости от технологии возделывания и норм высева, т/га

Норма высева, тыс. шт./га (фактор В)	Год			Среднее
	2022	2023	2024	
Прямой посев (фактор А)				
400	3,17	2,75	2,41	2,78
500	3,20	2,86	2,50	2,85
600	3,24	2,89	2,52	2,88
700	3,28	2,75	2,40	2,81
Средняя по фактору А	3,22	2,81	2,46	2,83
Рекомендованная технология (фактор А)				
400	3,21	2,58	2,25	2,68
500	3,23	2,77	2,38	2,79
600	3,28	2,71	2,40	2,79
700	3,19	2,61	2,23	2,67
Средняя по фактору А	3,23	2,67	2,31	2,73
НСР ₀₅ для фактора А	F _φ <F ₀₅	0,04	0,02	0,02
НСР ₀₅ для фактора В	0,01	0,06	0,03	0,03
НСР ₀₅ для частных различий	0,01	0,08	F _φ <F ₀₅	0,04

Наивысшая урожайность сои получена при прямом посеве нормами

высева 500 и 600 тыс. шт./га. Снижение нормы высева до 400 тыс. шт./га и увеличение до 700 тыс. шт./га привело к достоверному снижению урожайности во все годы исследований.

Корреляционно-регрессионный анализ показал, что влияние фотосинтетического потенциала на урожайность сои существенно различается по фазам развития. На ранней стадии связь отсутствовала. Наиболее сильная и статистически значимая связь установлена в фазу образование бобов – налива семян ($r=0,6199$, $R^2=0,3843$, $P=0,0001$), что указывает на критическую значимость этого периода для формирования урожая.

Взаимосвязь между массой клубеньков на одном растении и урожайностью также различалась по фазам развития сои. В фазе начала цветения наблюдалась отрицательная корреляция средней силы ($r=-0,36$, $p=0,0207$, $R^2=0,1308$). В фазе образования бобов связь становилась положительной ($r=+0,38$, $p=0,0149$, $R^2=0,1466$, зависимость средняя), что указывает на критическую роль активного азотфиксирующего симбиоза именно в этот период. В фазе налива семян зависимость была слабой и статистически не значимой ($r=+0,125$, $p=0,2478$, $R^2=0,0158$).

Множественный регрессионный анализ показал, что вклад изучаемых факторов в формирование урожайности сои существенно различался по годам в зависимости от влагообеспеченности. В условиях умеренной влагообеспеченности 2022 года ни один из изученных показателей (фотосинтетический потенциал, сухая масса клубеньков, коэффициент водопотребления) не выступал статистически значимым лимитирующим фактором ($F=0,93$, $p=0,503$), а построенная множественная регрессионная модель формирования урожайности сои объясняла лишь 41,1 % вариации урожайности ($R^2=0,411$). В переувлажненном к концу вегетации 2023 году построенная множественная регрессионная модель формирования урожайности сои стала статистически достоверной ($F=13,69$, $p=0,014$) и объяснила 91,1 % ($R^2=0,911$) вариации урожайности под влиянием фотосинтетического потенциала, сухой массы клубеньков и коэффициента водопотребления. Главным фактором, определившим вариацию урожайности, стал фотосинтетический потенциал в период образования бобов – налива семян, так как коэффициент регрессии составил 0,0009, а $p=0,08$. Коэффициент водопотребления показал отрицательный коэффициент регрессии, что отражает обратную зависимость, при которой снижение затрат

воды на формирование 1 тонны зерна связано с ростом урожайности, что подтверждает преимущество прямого посева (прибавка урожая +0,14 т/га к рекомендованной технологии) с более низкими показателями коэффициента водопотребления (1527 против 1595 м³/т при рекомендованной технологии). Влияние массы клубеньков оказалось статистически недостоверным ($p = 0,593$), то есть в условиях достаточного увлажнения масса клубеньком не оказывала существенного влияния на урожайность сои.

Наиболее выраженные закономерности выявлены в засушливом 2024 году ($F = 27,90$, $p = 0,0038$), построенная множественная регрессионная модель формирования урожайности объясняла 95,4 % вариации урожайности ($R^2 = 0,954$) под влиянием фотосинтетического потенциала, сухой массы клубеньков и коэффициента водопотребления. В условиях дефицита влаги ведущим лимитирующим фактором стал коэффициент водопотребления ($p = 0,037$) с высоко достоверным отрицательным коэффициентом регрессии ($- 0,00155$). Преимущество оказалось на стороне прямого посева, где при меньшем коэффициенте водопотребления (12798 м³/га) получена достоверная прибавка урожая (+0,15 т/га) по сравнению с рекомендованной технологией (1408 м³/га). При этом фотосинтетический потенциал утратил свою значимость ($p = 0,757$), а масса клубеньков также не оказала статистически значимого влияния ($p = 0,578$).

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И НОРМ ВЫСЕВА СОИ

Использование технологии прямого посева сои показывает значительные преимущества по экономическим показателям, по сравнению с рекомендованной технологией возделывания. При прямом посеве стоимость валовой продукции на 3148 руб./га больше, по сравнению с рекомендованной технологией. Сокращение затрат на производство сои на 5587 руб./га по технологии прямого посева приводит к увеличению прибыли на 8733 руб./га, в сравнении с рекомендованной технологией, а себестоимость продукции ниже на 2714 руб./т, чем при рекомендованной технологии (таблица 6).

Наибольшую экономическую эффективность показала норма высева 500 тыс. шт./га при обеих технологиях, но при прямом посеве достигнута наибольшая прибыль, а также наименьшая себестоимость продукции.

Таблица 6 – Экономическая эффективность возделывания сои в зависимости от технологии и нормы высева (среднее за 2022-2024 гг.)

Норма высева, тыс. шт./га	Стоимость продукции, руб./га	Общие затраты, руб./га	Прибыль, руб./га	Себестоимость, руб./т	Уровень рентабельности, %
Прямой посев					
400	92 522	38 134	54 388	13 937	143,0
500	95 056	39 617	55 439	14 056	141,0
600	95 989	41 015	54 974	14 415	134,0
700	93 656	42 363	51 292	15 358	121,0
Рекомендованная технология					
400	89 300	43 676	45 624	16 719	104,0
500	93 100	45 243	47 857	16 499	106,0
600	93 144	46 621	46 523	17 017	100,0
700	89 089	47 935	41 254	18 389	86,0

В целом, возделывание сои по технологии прямого посева более экономически эффективно, так как по всем изучаемым нормам высева уровень рентабельности производства сои в среднем выше на 35 % рекомендованной технологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В типичные годы по агроклиматическим данным для Амурской области прямой посев сои и рекомендованная технология оказывают равноценное влияние на строение лугово-черноземовидной почвы, накопление и сохранение влаги в 0-50 см слое.

В переувлажненные годы при прямом посеве создаются более благоприятные агрофизические показатели плодородия 0-50 см слоя почвы в сравнении с рекомендованной технологией: плотность почвы снижается на 0,04 г/см³, общая пористость увеличивается на 1,6 абсолютных процента, содержание воздуха в почве увеличивается на 2,6 абсолютных процента, а капиллярная влагоемкость увеличивается на 4,6 абсолютных процента. В таких условиях растения сои более эффективно используют почвенную влагу на создание единицы продукции (коэффициент водопотребления меньше на 68 м³/т в сравнении с рекомендованной технологией).

В засушливых условиях при равнозначных значениях плотности и

общей пористости 0-50 см слоя за счет накопления растительных остатков от предшествующей кукурузы при прямом посеве к третьему году исследований (10,2 т/га против 1,25 т/га при рекомендованной технологии) создаются более благоприятные условия для сохранения и накопления влаги (запасы доступной влаги увеличиваются на 13,4 мм в сравнении с рекомендованной технологией).

Технология прямого посева способствует снижению эмиссии CO_2 по сравнению с рекомендованной технологией на $0,15 \text{ г С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ и значительно сдерживает пиковые значения дыхания почвы в летние месяцы, а следовательно, ограничивает минерализацию органического вещества в почве.

При прямом посеве за счет отсутствия механического перемещения семян сорняков и формирования физического барьера благодаря поверхностному слою пожнивных остатков в 2 раза уменьшается фактическая засоренность посева сои, по сравнению с рекомендованной технологией. Посев сои заниженной нормой высева (400 тыс. шт./га) приводит к повышению засоренности посева на 12 шт./м² (или на 38,3%) при обеих технологиях возделывания. При прямом посеве сои нормы высева 500, 600 и 700 тыс. шт./га оказывают равноценное влияние на засоренность посева, при которых количество сорных растений на 1 м² сокращается в среднем на 28,0 %, по сравнению с нормой 400 тыс. шт./га.

Оптимальный фитопатологический фон формируется при сочетании рекомендованной технологии с нормами высева 500 и 600 тыс. шт./га. Данные варианты обеспечивают минимальную распространенность корневых гнилей (0-10 %), умеренную интенсивность листовых инфекций ($r < 20$ баллов) и стабильность показателей по годам исследования. При прямом посеве рекомендуется ограничивать норму высева уровнем 500 тыс. шт./га для снижения риска развития корневых гнилей.

Прямой посев обеспечивает лучшие условия работы фотосинтетического аппарата сои, по сравнению с рекомендованной технологией: максимальная площадь листовой поверхности в фазу образования бобов выше на 3,0 тыс. м²/га (или на 10%), фотосинтетический потенциал за период вегетации сои выше на 83 тыс. м²×дней/га (или на 5,7%). Наиболее высокий фотосинтетический потенциал формируется при нормах высева 600 и 700 тыс. шт./га при обеих технологиях возделывания сои.

Наилучшее развитие клубеньков наблюдается при прямом посеве сои, к

концу вегетации (фаза налив семян) сырая масса клубеньков выше на 0,11 г на одном растении (или на 7,8 %), сухая масса – на 0,05 г на растения (или на 8,5 %) в сравнении с рекомендованной технологией. Наиболее высокая масса клубеньков на одном растении сои при прямом посеве формируется с нормой высева 400-500 тыс. шт./га (сырая и сухая масса клубеньков выше в среднем на 0,30 г или 21,7% и 0,08 г или 13,2% в сравнении с нормами 600-700 тыс. шт./га).

Наибольший прирост симбиотического потенциала (56,1 %) при увеличении нормы высева наблюдается в варианте с прямым посевом сои: с 24 931 кг×дней/га при 400 тыс. шт./га до 38 905 кг×дней/га при 700 тыс. шт./га. При рекомендованной технологии прирост составляет 27,7%.

Не смотря на более высокий стеблестой сои (на 4,5 см) и массу 1000 семян (на 5 г) в варианте с рекомендованной технологией, наибольшее количество бобов (16,3 шт.) и семян (33,6 шт.) на одно растение сои формируется при прямом посеве, что обеспечивает более высокую продуктивность одного растения сои при такой технологии возделывания (на 0,2 г в сравнении с рекомендованной).

Урожайность сои при прямом посеве существенно превышает рекомендованную технологию на 0,1 т/га (или на 3,7 %). Максимальная урожайность достигается при нормах высева 500 и 600 тыс. шт./га (2,85 и 2,88 т/га), увеличение нормы до 700 тыс. шт./га не приводит к дальнейшему росту урожайности (2,81 т/га).

Прямой посев обеспечивает снижение себестоимости продукции на 2744 руб./т, увеличение прибыли с 1 га на 8700 руб. и уровня рентабельности на 35,0 % по сравнению с рекомендованной технологией. Более экономически эффективным является возделывание сои при заниженных нормах высева (400 и 500 тыс. шт./га), так как дополнительные затраты на семена при увеличении нормы высева до 600 и 700 тыс. шт./га не окупаются прибавкой урожая на этих вариантах.

Оптимальной нормой высева при прямом посеве сои в условиях южной зоны Амурской области, обеспечивающей наилучшее сочетание фитосанитарного состояния, фотосинтетической и симбиотической активности, структуры урожая и экономической рентабельности, является 500 тыс. шт./га.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. На лугово-черноземовидных почвах южной сельскохозяйственной зоны Амурской области сою по предшественнику кукуруза на зерно следует возделывать по технологии прямого посева.

2. Для получения урожайности сои сорта Дебют на уровне 2,85 т/га при прямом посеве по стерне кукурузы на зерно следует применять норму высева 500 тыс. шт. всхожих семян на 1 га.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. **Гетманский, В.В.** Влияние технологии возделывания на состояние соевого агрофитоценоза в условиях Амурской области / В.В. Гетманский, П.В. Тихончук, Е.Б. Захарова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 11(241). – С. 12-16. – DOI 10.53083/1996-4277-2024-241-11-12-16.

2. **Гетманский, В.В.** Влияние прямого посева и нормы высева на структуру урожая сои в Амурской области / В.В. Гетманский, П.В. Тихончук, Е.Б. Захарова, О.В. Щегорец // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 211. – С. 55-63. – DOI 10.21515/1990-4665-211-006. – EDN BEWNEA.

3. **Гетманский, В.В.** Экономическая эффективность возделывания сорта сои Дебют с обработкой почвы и без (прямой посев) при различных нормах высева в условиях Амурской области / В.В. Гетманский, П.В. Тихончук, Е.Б. Захарова, О.В. Щегорец // Вестник КрасГАУ. – 2025. – № 12(225). – С. 44-54. – DOI 10.36718/1819-4036-2025-12-44-54.

4. Иванов, А.В. Влияние технологии прямого посева на эмиссию CO₂ из черноземовидных почв Приамурья / А.В. Иванов, **В.В. Гетманский**, П.В. Тихончук [и др.] // Почвоведение. – 2025. – № 7. – С. 932-942. – DOI 10.7868/s3034561825070044.

5. **Гетманский, В.В.** Влияние прямого посева и нормы высева на развитие симбиотического аппарата сои / В.В. Гетманский, П.В. Тихончук, Е.Б. Захарова, А.А. Немыкин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2026. – Т. 56, № 2(327). – С. 15-22. – DOI 10.26898/0370-8799-2026-2-2.

Публикации в других изданиях:

6. Колесникова, Т.П. Фитосанитарная оценка посевов в зерно-соевом севообороте / Т.П. Колесникова, **В.В. Гетманский** // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Матер. Всерос. науч.-практ. конф., Благовещенск, 20–21 апреля 2023 года. Том 1. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. – С. 74-80. – DOI 10.22450/9785964205385_1_74.

7. **Гетманский, В.В.** Влияние прямого посева сои на структуру соевого агрофитоценоза / В.В. Гетманский, П.В. Тихончук, Е.Б. Захарова // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Матер. Всерос. науч.-практ. конф., Благовещенск, 20–21 апреля 2023 года. Том 1. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. – С. 15-21. – DOI 10.22450/9785964205385_1_15.

8. Иванов, А.В. Изменение почвенной эмиссии CO₂ в опыте с прямым посевом сои в Амурской области / А.В. Иванов, **В.В. Гетманский** // Перспективы внедрения инновационных технологий в АПК: Сб. ст. III Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. с межд. участием, приуроченной к 80-летию агрономического факультета Алтайского государственного аграрного университета, Барнаул, 22 ноября 2023 года. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2023. – С. 52-57.

9. **Гетманский, В.В.** Влияние прямого посева сои на агрофизические показатели плодородия почвы / В.В. Гетманский, П.В. Тихончук, Е.Б. Захарова // Современные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии: Матер. межд. науч.-практ. конф., посвященной памяти почвоведа-агрохимика, кандидата сельскохозяйственных наук, доцента Валентины Федоровны Прокопчук, Благовещенск, 30–31 марта 2023 года. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. – С. 233-241. – DOI 10.22450/9785964205609_234.

10. **Гетманский, В.В.** Влияние прямого посева на фотосинтетическую деятельность сои сорта Дебют / В.В. Гетманский, П.В. Тихончук, Е.Б. Захарова // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Матер. межд. науч.-практ. конф., В 5 томах, Благовещенск, 18–19 апреля 2024 года. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2024. – С. 37-45. – DOI 10.22450/978-5-9642-0629-3-37-45.

Научное издание

Гетманский Валентин Владимирович

АГРОЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЯМОГО
ПОСЕВА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Подписано в печать _____ 2026 г.

Формат 60×90/16. Уч.-изд. л – 1,3.

Печать 100 экз. Заказ № ____.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии
Дальневосточного государственного аграрного университета
765005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86