

Аль Мерри Жасмин

**ВЛИЯНИЕ ПРИПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН
НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ
ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Работа выполнена на кафедре растениеводства им. И.А. Стебута федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

Научный руководитель: **Носевич Мария Анатольевна**
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры растениеводства им. И.А. Стебута федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО СПбГАУ)

Официальные оппоненты: **Сорокина Ольга Юрьевна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией агротехнологий Обособленное подразделение Института льна Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур» (ОП НИИЛ ФГБНУ ФНЦ ЛК)

Гореева Вера Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры растениеводства, земледелия и селекции федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ)

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА)

Защита состоится 20 марта 2026 г. в 13 час 30 мин. на заседании диссертационного совета 35.2.033.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» по адресу: 196601, Санкт-Петербург – Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2, стр. 2, ауд. 2113. Тел: 8(812)386-17-07, e-mail: ds01@spbgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте <https://spbgau.ru> ФГБОУ ВО СПбГАУ. Объявление о защите и автореферат размещены на сайтах <https://spbgau.ru> ФГБОУ ВО СПбГАУ и <https://vak.gisnauka.ru/> ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.033.01
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Орлова
Анна Георгиевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. В 90-е годы прошлого столетия в России резко сократились посевные площади под льном-долгунцом, ухудшилось фитосанитарное состояние посевов, снизились урожайность и качество льнопродукции, что обусловило дефицит растительных волокон (Воробейков Г.А. и др., 2011). Одной из нерешенных проблем льноводства является получение высококачественной тресты и волокна на основе энерго- и ресурсосберегающих технологий. Сорт – наиболее дешевое и доступное средство повышения урожайности и улучшения качества производимой льнопродукции, поэтому необходимо внедрять в производство новые высокопродуктивные сорта, разрабатывать технологии их возделывания с учетом сортовых особенностей (Горбова М.А. и др., 2021). Многолетние исследования и практика применения гуматов из различного природного сырья (сапропеля, торфа, угля, сланцев) в растениеводстве показывают, что удобрения гуминовой природы активизируют процессы роста растений, увеличивают их устойчивость к болезням, засухе и заморозкам (Вахмистров Д.Б. и др., 1987; Кузьмич М.А., 1990; Василенко Н.Ф., 1997; Иванов О.Н. и др., 2001; Садовникова Л.К. и др., 2001; Попов А.И., 2004; Василенко А.А. и др., 2020; Азам Х, 2021).

В последние годы открываются новые области использования гуматов, что определяется их экологической безопасностью, физиологической активностью, адаптогенными и иммуномоделирующими свойствами, а также практически неограниченной сырьевой базой, невысокой стоимостью сырья и доступной технологией производства (Кидрей Т.А., 2013). Предполагается, что гуминовые вещества сорбируются на внешней стороне цитоплазматической мембраны и способствуют поступлению в клетку элементов минерального питания и низкомолекулярных органических соединений (Орлов Д.С., 1993; Терентьев, В.А. и др., 2001; Попов А.И., 2004).

Современная аграрная наука и мировая практика предлагают сельхозтоваропроизводителю целый спектр высокоэффективных биологических препаратов на основе ассоциативных ризобактерий, позволяющих экологизировать агротехнологии и значительно снизить себестоимость растениеводческой продукции (Хмелевская И.А., 1997; Носевич М.А., 2012; Новохацкая Д.М., 2019). Биологические средства используются в комбинации с протравителями при обработке семян и пестицидами при опрыскивании посевов. Однако, как свидетельствует практика, наибольшую эффективность они проявляют при воздействии на почву. К сожалению, это направление пока развито очень слабо, поскольку требует отдельной обработки. Поэтому создание наиболее эффективных комбинаций «сорт – органоминеральное питание – ассоциативные ризобактерии» и теоретическое обоснование технологии управления процессом питания льна-долгунца, обеспечивающей высокие урожаи льнопродукции, актуальны, вносят вклад в развитие растениеводческой науки, имеют практическое значение и способствуют экономическому развитию растениеводческой отрасли.

Степень разработанности проблемы. Степень разработанности проблемы. Вопросы совершенствования технологических приемов возделывания льна-долгунца отражены в работах отечественных исследователей. Изучением элементов технологий возделывания льна-долгунца для получения высоких и стабильных урожаев занимались многие российские и зарубежные ученые: А.А. Афанасьев (1949), К.М. Миронов (1950), А.Р. Рогаш (1951; 1976), Р.П. Рыкова (1965; 1967), Б.С. Долгов (1969), С.Ф. Тихвинский (1977; 1998; 2003), М.Г. Обьедков (1979), G.G. Rowland (1980), Ф.М. Карпунин (1986), Н.П. Новожилов (1986), Van Sumere С. (1992), D.L. Easson (1992), В.Я. Тихомирова (1994; 2005), И.А. Хмелевская (1997), Brian A. Charlton (2001), Т.А. Рожмина (2001; 2015; 2017; 2024), С.В. Доронин (2003), Н.Н. Попеляева (2003; 2014), В.П. Понажёв (2007; 2013), В.Е. Корепанова, В.Н. Гореева (2010; 2012; 2024), В.П. Казанцев (2012; 2013), С.Л. Белопухов (2010; 2015; 2021; 2022), М.А. Носевич (2012; 2015; 2024), О.Ю. Сорокина (2014; 2022; 2023; 2024), О.И. Боткин, П.Ф. Сутыгин (2015), А.Н. Налиухин (2015; 2016), И.И. Дмитриевская (2015; 2021; 2022); А.Д. Степин, Т.А. Рысева, С.В. Уткина, Н.В. Романова (2017; 2018; 2020), М.Н. Рысев (2019; 2020), Т.В. Шайкова (2018), Д.М. Новохацкая (2019), О.В. Чухина (2021; 2024) и др.

Однако вопросы, касающиеся разработки эффективных мероприятий припосевной обработки семян в технологии возделывания раннеспелых сортов льна-долгунца в условиях Ленинградской области, требуют более детального рассмотрения. Недостаточно полно изучены вопросы получения оптимальных параметров высокопродуктивных агроценозов льна-долгунца при применении органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, что имеет большую актуальность в научном аспекте и практическую значимость.

Научные исследования выполнялись в соответствии с планом госбюджетных научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО СПбГАУ 2021–2026 гг. по теме 4: «Обоснование и получение экономически выгодных урожаев полевых культур заданного качества в конкретных почвенно-климатических условиях при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду в Северо-Западном федеральном округе», подтема 4.3. «Обоснование и получение экономически выгодных урожаев технических культур заданного качества в конкретных почвенно-климатических условиях при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду».

Цель исследований – выявить влияние припосевной обработки семян на урожайность и качество раннеспелых сортов льна-долгунца в условиях Ленинградской области.

В задачи исследований входило:

- установить действие органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий на полевую всхожесть семян, ростовые процессы и сохраняемость растений льна-долгунца к уборке;
- изучить влияние органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий на биометрические показатели стебля льна-долгунца;
- выявить влияние изучаемых агротехнических приемов на урожайность льнопродукции;

- определить качество волокна льна-долгунца в зависимости от применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий;
- определить экономическую эффективность применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий на раннеспелых сортах льна-долгунца в условиях Ленинградской области.

Научная новизна. Впервые в условиях Ленинградской области экспериментально выявлены, проанализированы, обобщены и научно обоснованы припосевные приёмы формирования высокопродуктивных агроценозов льна-долгунца на уровне 3–4 т/га тресты, всего волокна более 1,0 т/га, длинного волокна – 0,9 т/га за номером 10–11. Определены наиболее продуктивные раннеспелые сорта льна-долгунца.

Установлено положительное влияние органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий на полевую всхожесть, сохраняемость растений к уборке и коэффициент адаптации, биометрические показатели стебля льна, урожайность и качество волокна раннеспелых сортов льна-долгунца. На основании данных построены уравнения регрессии, показывающие зависимость диаметра стебля и мыклости от количества растений перед уборкой льна, урожайности волокна от выхода волокна. Дана оценка экономической эффективности применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий в технологии возделывания льна-долгунца в условиях Ленинградской области.

Теоретическая и практическая значимость работы. Установлено, что в почвенно-климатических условиях Ленинградской области применение гуматов и ассоциативных ризобактерий *Pseudomonas* и *Flavobacterium* при возделывании сортов льна-долгунца Пересвет и Квартет способствует повышению полевой всхожести и сохраняемости растений к уборке, биометрических показателей стебля, урожайности льнопродукции, а также повышению среднего номера длинного волокна и снижению затрат при его возделывании.

Результаты исследований проверены в производственных условиях ООО СХП «Русское поле» Волосовского района Ленинградской области на площади 10 га: получена прибавка урожайности тресты 0,45 т/га сорта Пересвет в результате применения гуматов. Экономический эффект составил 7309 руб./га, рентабельность – 13,5 %.

Методология и методы исследований. Методология проводимых исследований основана на теоретических методах: изучение и анализ научной литературы отечественных и зарубежных авторов, разработка цели, задач и программы исследований, постановка полевых и лабораторных опытов, учет и наблюдение, графическое и табличное отображение полученных результатов, математическая обработка экспериментальных данных и обобщение полученных результатов.

Основные положения, выносимые на защиту:

- припосевное внесение гуматов и ассоциативных ризобактерий и их совместное использование увеличивают полевую всхожесть семян и сохраняемость растений раннеспелых сортов льна-долгунца перед уборкой;

- органоминеральные удобрения и ассоциативные ризобактерии оказывают положительное влияние на биометрические показатели стебля льна-долгунца;
- припосевная обработка семян органоминеральными удобрениями и ассоциативными ризобактериями способствует увеличению урожайности льнопродукции и выхода волокна у раннеспелых сортов льна-долгунца;
- припосевные приемы обработки семян льна-долгунца способствуют улучшению физико-механических свойств и увеличению среднего номера длинного волокна;
- применение гуматов и ассоциативных ризобактерий в технологии возделывания раннеспелых сортов льна-долгунца является экономически эффективным приемом.

Степень достоверности результатов исследований. Объективность и достоверность полученных результатов подтверждена многолетними исследованиями, применением современных методик закладки и проведением полевых опытов, необходимым объемом проведенных анализов, измерений, наблюдений, статистической обработкой экспериментальных данных, сопоставленных с результатами научных изысканий других ученых.

Апробация работы. Результаты исследований ежегодно (2021–2024 гг.) докладывались на заседаниях кафедры растениеводства им. И.А. Стебута ФГБОУ ВО СПбГАУ; на международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии и технические средства производства и переработки сельскохозяйственной продукции» 20 сентября 2022 г., г. Тверь; на VIII и IX Международной научной конференции «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки» 25–29 сентября 2023 г. и 23–27 сентября 2024 г., Республика Крым, г. Симферополь; на международной научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся «Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК», посвящённой празднованию 120-летия ФГБОУ ВО СПбГАУ, 19–23 марта 2024 г. и 19–21 марта 2025 г., г. Санкт-Петербург; на I международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и практики в исследованиях молодых ученых», 21–22 мая 2024 г., г. Новосибирск; на международной научно-практической конференции молодых ученых и обучающихся «Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК», секция «Building Research Capacity: International Students' Experience in Agrarian Sciences», 19–21 марта 2025 г., г. Санкт-Петербург; на Всероссийском конкурсе молодых ученых в марте–мае 2025 г. (I этап – Санкт-Петербург (2-е место), II этап – Санкт-Петербург (1-е место), III этап – Краснодар).

Публикации. По результатам диссертационной работы опубликовано 3 научные статьи, в том числе 2 в изданиях из перечня ВАК РФ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Влияние припосевной обработки семян на урожайность и качество льна-долгунца (Обзор литературы)» приводится информация об истории и современном состоянии льноводства в России, морфологической характеристике и биологических особенностях льна-долгунца, влиянии минерального, органоминерального питания и ассоциативных ризобактерий на рост, развитие и продуктивность изучаемой культуры.

Во второй главе «Объекты, методы и условия проведения исследований» отмечено, что объектами для исследований были выбраны три высокопродуктивных сорта льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.), относящихся к группе ранней спелости: Зарянка, Квартет и Пересвет; ультрадисперсная гумато-сапропелевая суспензия (УДГСС) (50 ppm), штаммы ассоциативных ризобактерий: *Pseudomonas* sp. штамм 17-1 и *Flavobacterium* sp. штамм 30.

Для исследований сорта льна-долгунца предоставлены ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»: сорт Зарянка обособленным подразделением института льна, сорта Квартет и Пересвет – обособленным подразделением Псковский НИИСХ.

Ассоциативные бактерии предоставлены лабораторией экологии симбиотических и ассоциативных микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» (ФГБНУ ВНИИСХМ) (г. Пушкин), в жидкой форме. Семена льна обрабатывались культуральной жидкостью бактерий, норма расхода – 0,02 мл суспензии на 10 г семян.

Ультрадисперсная гумато-сапропелевая суспензия (УДГСС) (Гуматы) получена из месторождения деревни Ермолино Псковской области. Жидкая суспензия ультрадисперсной фракции гумато-сапропеля (УДГСС) с частицами размера 86–89 нм получена в результате ультразвуковой кавитации гелиевой структуры на установке ПСБ-ГАЛС 18035-05 (частота 35 кГц, ультразвуковое давление 2,0 Вт/см²), обогащенной ионами калия, фосфора, натрия и микроэлементами. Экстракт вносился разово при посеве семян льна-долгунца в дозе 50 ppm (0,005%). Данная концентрация была выбрана на основании рекомендаций производителя УДГСС.

Исследования по теме диссертационной работы проводились на малом опытном поле кафедры растениеводства им. И.А. Стебута ФГБОУ ВО СПбГАУ с 2021 по 2023 гг. Заложено два двухфакторных микрополевых опыта. Первый опыт (ПФЭ 3×4) включал 12 вариантов: Фактор А – сорт льна-долгунца, имел три градации: Зарянка (контроль (К)), Квартет и Пересвет; Фактор В – применение минеральных удобрений включал 4 градации: 1) без удобрений (контроль (К)); 2) N₁₀P₂₀K₄₀; 3) N₂₀P₄₀K₆₀; 4) N₃₀P₆₀K₉₀. Второй опыт (ПФЭ 3×9) включал 27 вариантов: Фактор А – сорт льна-долгунца, имел три градации: Зарянка (контроль (К)), Квартет и Пересвет; Фактор В – применение органоминеральных удобрений (гуматов) и ассоциативных ризобактерий имел 12 градаций: 1) семена перед посевом обрабатывались водой (Контроль+H₂O); 2) применение органоминеральных удобрений (гуматы), экстракт вносился при посеве льна в дозе 50 ppm (0,005%) (5 л/га); 3) N₁₀P₂₀K₄₀+гуматы; 4) инокуляция семян *Pseudomonas*; 5) инокуляция семян *Flavobacterium*; 6)

$N_{10}P_{20}K_{40}+Pseudomonas$; 7) $N_{10}P_{20}K_{40}+Flavobacterium$; 8) Гуматы+*Pseudomonas*; 9) Гуматы+*Flavobacterium*.

Опыт размещен методом организованных повторений, варианты в повторениях – рендомизировано. Площадь опытной и учетной деланки составляла – 1,2 м², в 4-кратном повторении. Агротехника общепринятая для яровых культур в условиях Ленинградской области. Под предпосевную культивацию внесены минеральные удобрения в соответствии со схемой опыта. В опыте использовались минеральные удобрения в виде: азотные – мочевина (46% N), фосфорные – простой суперфосфат (20% P₂O₅) и калийные – калий хлористый (60% K₂O).

Посев льна проводили вручную при наступлении физической спелости почвы 13 мая в 2021 г., 2 мая в 2022 г. и 29 апреля в 2023 г. Ширина междурядий составляла 7,5 см. Глубина заделки семян – 2 см. Уход за посевами состоял из борьбы с сорными растениями, которая осуществлялась механическим путём в фазу ёлочки. Против крестоцветной блошки в начальные фазы роста и развития двукратно (с интервалом в 10 дней) применяли инсектицид Фуфанон КЭ (малатион ДВ) из расчета 0,4 л/га.

Теребление и очес коробочек производили вручную: в 2021 г. сорт Зарянка – 29 июля, сорт Квартет – 30 июля и сорт Пересвет – 6 августа (подъем тресты 29–30 августа); в 2022 г. – 5, 7 и 14 августа (подъем тресты – 15 сентября); в 2023 г. – 12, 13 и 14 августа (подъем тресты 23 сентября) соответственно.

При выполнении экспериментальной работы по теме диссертации опыты проводили согласно требованиям общепринятых методик опытного дела (Доспехов Б.А., 2011).

Во время роста и развития льна-долгунца были проведены учёты и наблюдения в соответствии с рекомендациями ВНИИ льна (1980). Анализ посевного материала: чистота – ГОСТ 12037–81 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян» (ГОСТ 12037); энергия прорастания и всхожесть – ГОСТ 12038–84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» (ГОСТ 12042); масса 1000 семян – ГОСТ 12042–80 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян» и ГОСТ 52325–2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия» (ГОСТ 12044, ГОСТ 52325).

Оценка погодных условий в течение вегетационного периода культуры проводилась с использованием гидротермического коэффициента (ГТК) (Лосев А.П., 1994). Значения ГТК рассчитывались для каждого изучаемого сорта. Определение полевой всхожести семян и сохраняемости растений перед уборкой, фенологические наблюдения за ростом растений проводили от посева до уборки по всем вариантам опыта (Методические указания по проведению..., 1978). Определение структуры урожая: перед уборкой с каждого повторения выдергивали с корнями по 10 растений льна, освобождали их от комочков почвы. Затем определяли: общую длину растений льна – расстояние от места прикрепления семядольных листочков до основания самой верхней коробочки; техническую (продуктивную) длину стебля – расстояние от места прикрепления

семядольных листочков до ответвления первой веточки соцветия, несущего коробочку; количество коробочек и семян с растения; диаметр стебля в верхней, средней и нижней частях технической длины стебля; массу: общую, технической части, коробочек, семян. Диаметр стеблей измеряли у 10 растений льна-долгунца, плотно положенных на миллиметровую бумагу, полученный результат делили на 10.

Урожайность льносоломы, тресты и семян по вариантам опытов проводили сплошным методом с каждой делянки с дальнейшим перерасчётом на стандартную влажность тресты – 19 % и нормированную засоренность – 5 % (ГОСТ 28285-89; 2975–73, ГОСТ 24383–89); семян – 12 % влажность и на 100 % чистоту (ГОСТ 12037–81). Получение трепаного льноволокна осуществляли на станке СМТ 200М. Трепанный лен прочесывали на ручных гребнях имитируя прочес на чесальных фабриках. Прочесанное волокно и очес взвешивали и рассчитывали процентное содержание всего и длинного волокна в льнотресте. После прочесывания трепаного льноволокна органолептически определяли средний номер чесаного волокна в сравнении с эталонами качества и очеса. Номер трепаного волокна определяли в соответствии с Методикой технологической оценки качества льноволокна (1961 г). Для определения данного показателя берется 100-граммовая навеска, которая прочесывается на гребнях. Для определения номера трепаного волокна использовалась формула: $(\text{вес чесаного волокна} \times \text{номер чесаного волокна}) + (\text{вес очеса} \times \text{номер очеса}) / 100$. Гибкость волокна определяли по прогибу прядки длиной 27 см на гибкомере Г-2, выраженному в миллиметрах. Разрывную нагрузку определяли (на тех же прядках) на динамометре ДВК–60. Для определения тонины прядки прочесывали гребнем и отбирали вырезки по 10 мм и весом 10 мг. Затем подсчитывали среднее количество волокон в навеске. Линейная плотность (толщина) $L_p = 1000/T$, где T – тонина. Обобщающим показателем качества волокна является ОРНр (относительная разрывная нагрузка расчетная), которую вычисляют по формуле: $ОРНр = 0,2P + 0,10G + 13/L_p + 2,1$, где: ОРНр – относительная разрывная нагрузка расчетная, сН/текс; P – разрывная нагрузка (прочность), даН; G – гибкость, мм; L_p – линейная плотность, текс; 0,2; 0,10; 13 – постоянные коэффициенты; 2,1 – постоянное слагаемое.

Технологическая оценка льна-долгунца проведена в лаборатории селекционных технологий (под руководством д-ра биол. наук Т.А. Рожминой) обособленного подразделения института льна ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур».

Полученные экспериментальные данные обрабатывали с помощью программы Excel. Достоверность различий между вариантами определяли методом дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова (2011). Корреляционный анализ проводили на основе методических рекомендаций А.М. Валге (2010). Экономическую оценку изучаемых элементов технологии проводили на основе разработанной технологической карты возделывания льна-долгунца (Отраслевой регламент..., 2010).

Почва опытного участка дерново-карбонатная. Рельеф поля выровненный. Профиль типичный для карбонатной почвы: гумусовый горизонт мощностью от

10–15 до 30–40 см и подстилающая его карбонатная порода, окрашен в темно-серый цвет. Водный режим – промывного типа. Агрохимический анализ почвы показал, что содержание органического вещества составляет $2,7 \pm 0,5\%$ (ГОСТ 26213–2021), подвижных форм фосфора $407,5 \pm 15,5$ мг/кг – очень высокое (ГОСТ Р 54650-2011), подвижных форм калия 227 ± 39 мг/кг – высокое (ГОСТ Р 54650-2011), водородный показатель солевой вытяжки (рН) $5,5 \pm 0,3$ – слабокислая (ГОСТ 26483-8).

В годы проведения опытов погодные условия были неодинаковыми. 2021 г. характеризовался неравномерным поступлением осадков, так особенностью мая являлось рекордное их поступление, когда выпало 139 мм, что составляет 303 % от нормы. Наоборот, в июне и июле месяце выпало на 58,3 и 57,3 мм или 84 и 73 % осадков меньше, а температура воздуха превышала на 3,5 и 3,2 °С по сравнению со среднемноголетним значением соответственно, что существенно повлияло на рост, развитие и формирование стебля льна-долгунца.

В первой половине июня складывались засушливые условия для льна, т. к. за первые две декады выпало всего 1,6 мм осадков, что составляет 4,6 % от нормы. Обилием осадков отличался август, когда за месяц выпало 166,3 мм осадков, при норме 74,2 мм.

За вегетационный период льна-долгунца сумма активных температур составила от 1345 до 1482 °С, осадков выпало от 80 до 138 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК) находился по сортам: от 0,6 до 0,93, что по Г. Т. Селянинову характеризует вегетационный период культуры как засушливые.

К моменту посева льна (2 мая) в 2022 г. сложились благоприятные условия по температурному режиму и увлажнению. Сумма активных температур к этому моменту составила 86,9 °С, наименьшая влагоемкость (НВ) в слое 5 см 34,9 %, а температура почвы на этой же глубине – 12 °С. За вегетационный период льна-долгунца в 2022 г. сумма активных температур и осадков для сортов составила: Зарянка (с 16 мая по 5 августа) – 1422,7 °С и 179,6 мм; Квартет (с 13 мая по 7 августа) – 1499,1 °С и 179,6 мм, Пересвет (с 13 мая по 14 августа) – 1627,4 °С и 204,1 мм. Гидротермический коэффициент составил – 1,26, 1,20 и 1,25 соответственно, что характеризует вегетационный период как нормального увлажнения.

В 2023 г. сумма активных температур и осадков для изучаемых сортов составила: от 1544 до 1600 °С и от 152 до 154 мм соответственно. Гидротермический коэффициент был на уровне единицы (0,98–0,97), что характеризует вегетационный период льна-долгунца как засушливый.

В третьей главе «Урожайность и качество раннеспелых сортов льна-долгунца при припосевной обработке семян в условиях Ленинградской области» приводится основная доказательная база исследовательской деятельности, обработка и анализ полученных данных с проверкой на достоверность.

3.1. Полевая всхожесть, рост и сохраняемость растений льна-долгунца к уборке. При увеличении дозы минеральных удобрений с $N_{10}P_{20}K_{40}$ до $N_{30}P_{60}K_{90}$ у всех сортов наблюдали понижение с 59–68 до 50–58 % полевой всхожести. Комбинированное использование минеральных удобрений с гуматами и ассоциативными ризобактериями способствовало снижению напряженности

этого негативного явления, увеличивая полевую всхожесть на 3–13 % (с 59– 61 до 64–72%) (рисунок 1).

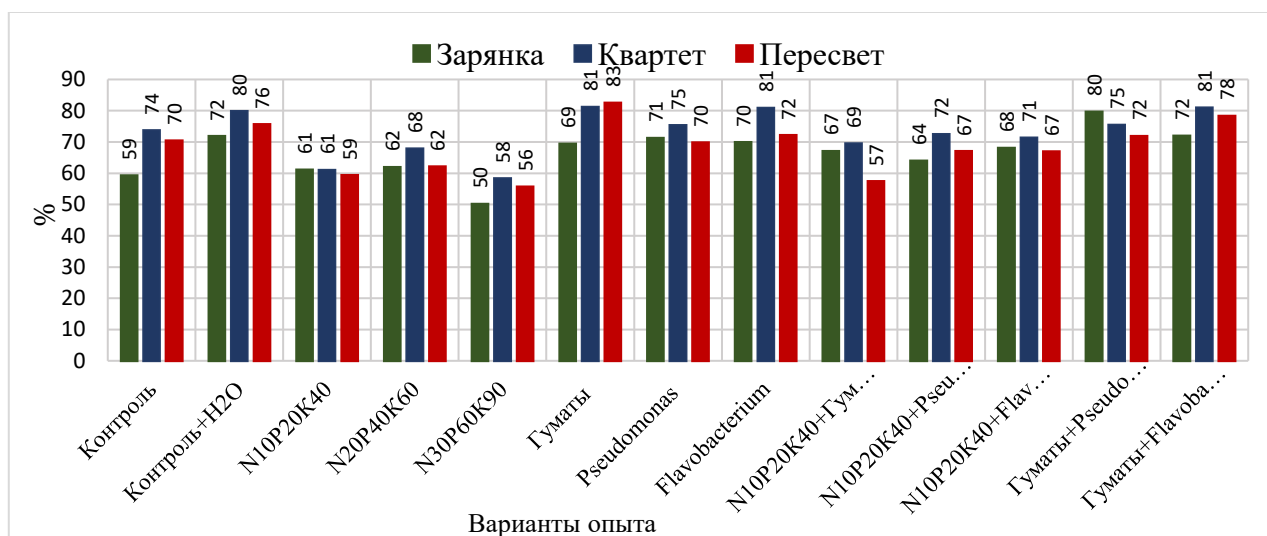


Рисунок 1 – Полевая всхожесть семян льна-долгунца в зависимости от сортовых особенностей, применения минеральных, органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, % в среднем за 2021–2023 гг.*

* 3–5 варианты сравниваем с 1-м контролем, 6–13 варианты сравниваем со 2-м контролем.

Наибольшая полевая всхожесть 72,9 % отмечена у сорта Квартет, у сорта Пересвет этот показатель был ниже на 4,5 % и составил 68,4 %, а у сорта Зарянка на 6,3 % при всхожести 66,6 %.

Отмечен положительный эффект у сорта Зарянка от совместного применения гуматов и ризобактерий *Pseudomonas*, где полевая всхожесть составила 79,6 %; у сорта Пересвет одинаковый уровень (82,5 и 78,3 %) обеспечили варианты: контроль с водой, применение гуматов и гуматы + *Flavobacterium* соответственно; сорт Квартет отличался наибольшей отзывчивостью на применение припосевной обработки семян, т. к. в восьми вариантах получен одинаковый уровень полевой всхожести семян: контроль (73,7 %), контроль с водой (79,8 %), гуматы (81,2 %), ризобактерии *Pseudomonas* (75,3 %), ризобактерии *Flavobacterium* (80,9 %), N₁₀P₂₀K₄₀ + *Pseudomonas* (72,5 %), гуматы + *Pseudomonas* (75,5 %) и гуматы + *Flavobacterium* (80,9 %).

За годы исследований высокая сохраняемость на уровне 82 и 81 % отмечена у сортов Квартет и Пересвет, а у сорта Зарянка на 3–4 % ниже (77,4 %). Увеличение доз минеральных удобрений приводило к снижению сохраняемости растений льна-долгунца у сорта Зарянка с 78 до 68, у сорта Квартет с 77 до 70 и у сорта Пересвет с 77 до 71 % (рисунок 2). Это обусловлено тем, что применение минеральных удобрений улучшает питание растений льна, способствует развитию более мощной корневой системы. В связи с этим между растениями в стеблестое возникает конкуренция за основные факторы жизни.

По сохраняемости растений льна-долгунца к уборке лучшими способами припосевной обработки семян являются: применение гуматов (85,8 %), обработка семян ассоциативными штаммами *Pseudomonas* (84,8 %), совместное

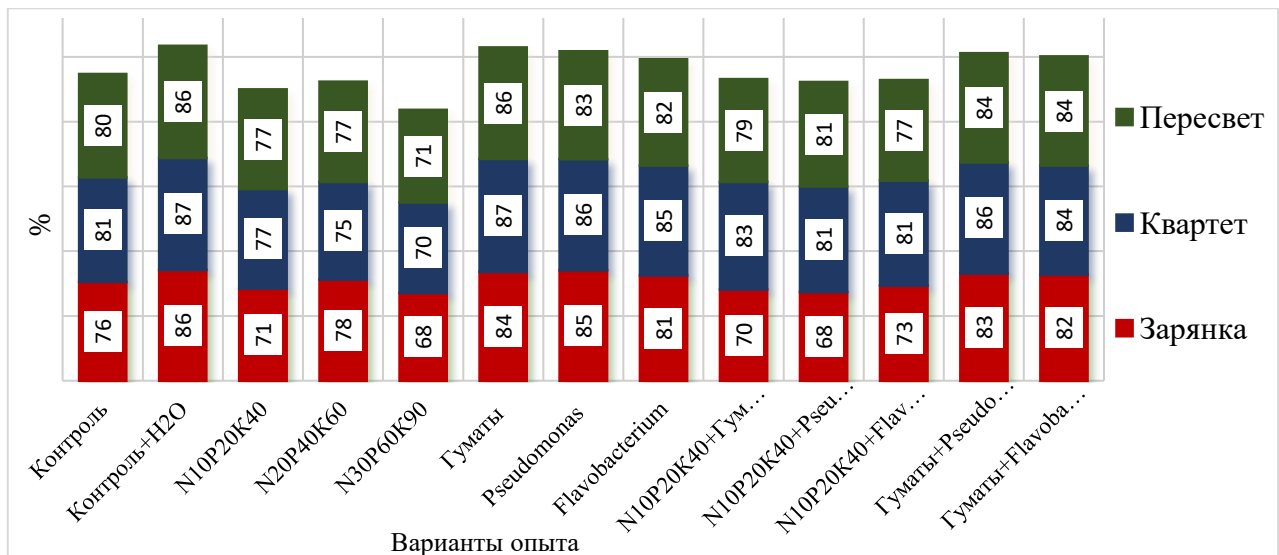


Рисунок 2 – Сохраняемость растений льна-долгунца в зависимости от сортовых особенностей, применения минеральных, органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, в среднем за 2021–2023 гг., % *

* 3–5 варианты сравниваем с 1-м контролем, 6–13 варианты сравниваем со 2-м контролем.

применение гуматов и *Pseudomonas* и гуматов с *Flavobacterium* (84,3 и 83,4 % соответственно).

Коэффициент адаптации (K_a) при возделывании льна-долгунца меньше связан с сортовыми особенностями, а в большей степени обусловлен припосевной обработкой семян и погодными условиями, складывающимися во время вегетации. Наибольший показатель K_a отмечен в 2021 г., а самый низкий в 2023 г.

Применение повышенных доз минеральных удобрений способствовало снижению коэффициента адаптации у всех изучаемых сортов льна-долгунца в течение трех лет наблюдений, особенно следует отметить вариант с максимальной дозой минеральных удобрений, где K_a не превышал 40 % (34,2–40 %) (рисунок 3).

Наиболее адаптированным сортом к условиям среды Ленинградской области является Квартет с полевой всхожестью семян 73 %, сохраняемостью растений к уборке 82 % и коэффициентом адаптации 60 %; наименее адаптированным к условиям возделывания является сорт Зарянка, у которого отмечено снижение этих показателей на 6, 5 и 7 % по сравнению с предыдущим сортом, а сорт Пересвет занял промежуточное положение со значениями – 68, 81 и 46 % соответственно (при $НСР_{05}$ 3,0 %).

При возделывании льна-долгунца лучшими приемами припосевной обработки семян, является: применение гуматов, инокуляция ассоциативными ризобактериями *Pseudomonas* и *Flavobacterium* и совместное применение гуматов с ризобактериями *Pseudomonas* и *Flavobacterium*. В этих вариантах повышается полевая всхожесть на 3–23 (72–78 %), сохраняемость на 5–16 (83–86 %) и коэффициент адаптации на 7–29 % (62–67 %).

В опыте выявлена сильная корреляционная связь $r =$ от 0,77 до 0,93 между выживаемостью и коэффициентом адаптации раннеспелых сортов льна-

долгунца, исключением является сорт Пересвет в 2023 г., когда это значение показывало среднюю связь $r =$ от 0,62, а коэффициент детерминации не превысил 40 % (табл. 1).

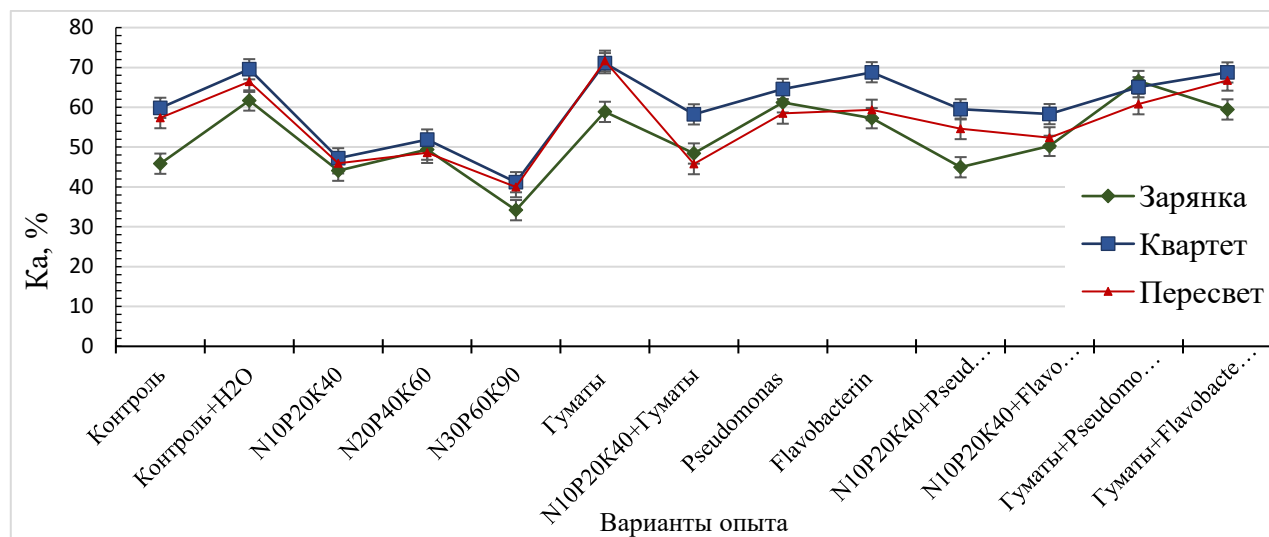


Рисунок 3 – Коэффициент адаптации растений льна-долгунца в зависимости от генетических особенностей и приемов возделывания, среднее за 2021–2023 гг.*

* 3–5 варианты сравниваем с 1-м контролем, 6–13 варианты сравниваем со 2-м контролем.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции и детерминации между сохраняемостью и коэффициентом адаптации за 2021–2023 гг. ($p \leq 0,05$)

Сорт	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Среднее за 3 года	
	r	R^2	r	R^2	r	R^2	r	R^2
Зарянка	0,910	83	0,903	81	0,774	60	0,903	82
Квартет	0,897	81	0,931	87	0,824	68	0,893	80
Пересвет	0,925	86	0,874	76	0,623	39	0,810	66

Лучшими вариантами опыта по изучаемым агротехническим приемам являются: на сорте Зарянка – гуматы + *Pseudomonas* (полевая всхожесть 80 %, сохраняемость 83 % и Ka 67 %); на сорте Пересвет достоверно положительный эффект отмечен от применения гуматов и гуматов с ризобактериями *Flavobacterium* (полевая всхожесть – 83 и 78, сохраняемость – 86 и 84 и Ka – 72 и 67 % соответственно); у сорта Квартет были наибольшие значения от обработки гуматами при посеве (полевая всхожесть – 81, сохраняемость – 87 и Ka – 71 %), инокуляции *Pseudomonas* и *Flavobacterium* (полевая всхожесть – 75 и 81, сохраняемость – 86 и 85, Ka – 65 и 69 % соответственно) и комбинации гуматов с ассоциативными ризобактериями (полевая всхожесть – 76 и 81, сохраняемость – 86 и 84, Ka – 65 и 69 % соответственно).

3.2. Рост и развитие растений раннеспелых сортов льна-долгунца в условиях Ленинградской области. На продолжительность прохождения фенологических фаз и рост культуры в большей степени оказали влияние метеорологические условия, сложившиеся в годы исследований, и сортовые особенности культуры: в меньшей степени – припосевная обработка семян.

Поэтому в автореферате данные представлены по сортам и в среднем за годы исследований.

У всех изучаемых сортов всходы появились на 10–12 сутки при накоплении суммы активных температур от 95 до 110 °С (таблица 2) и влагообеспеченности осадками 15–16 мм (табл. 3). Через 8–10 суток после всходов у растений льна-долгунца наступала фаза ёлочка, при этом наиболее продолжительный период всходы – ёлочка отмечен у сорта Квартет. Чтобы наступила фаза ёлочка, сорту Зарянка необходимо накопить сумму активных температур 94 °С, а сортам Квартет и Пересвет – 109–110 °С, осадков – 5–19 мм.

Таблица 2 – Межфазный период и накопление суммы активных температур при прохождении фаз развития у растений раннеспелых сортов льна-долгунца в условиях Ленинградской области (среднее за 2021–2023 гг.)

Сорт	Межфазные периоды					Продолжительность вегетационного периода, сутки
	посев – всходы	всходы – ёлочка	ёлочка – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – ранняя желтая спелость	
межфазный период, сутки						
Зарянка	12±3	8±2	24±4	6±1	43±6	81±9
Квартет	10±4	10±1	24±2	7±1	43±7	84±8
Пересвет	11±4	9±2	25±1	7±1	47±3	88±5
сумма активных температур, °С						
Зарянка	109,7±13	93,5±5	361,3±60	118,4±10	864,1±15	1437,2±90
Квартет	99,6±7	109,6±18	366,2±20	151,6±25	848,5±90	1476,1±90
Пересвет	94,6±2	108,6±16	332,3±60	139,3±10	988,6±70	1568,8±90

Таблица 3 – Сумма осадков (мм) и ГТК в период развития льна-долгунца в условиях Ленинградской области (среднее за 2021–2023 гг.)

Сорт	Сумма осадков, мм и ГТК											
	посев – всходы		всходы – ёлочка		ёлочка – бутонизация		бутонизация – цветение		цветение – ранняя желтая спелость		всего за вегетационный период	
	осадки, мм	ГТК	осадки, мм	ГТК	осадки, мм	ГТК	осадки, мм	ГТК	осадки, мм	ГТК	осадки, мм	ГТК
Зарянка	16,0	1,6	15,2	1,7	25,6	0,7	6,3	0,5	74,6	0,9	121,7	0,8
Квартет	16,0	1,6	19,0	1,6	15,4	0,4	11,2	0,8	81,4	0,9	127,0	0,9
Пересвет	14,9	1,6	19,3	2,0	26,3	0,7	5,2	0,4	101,9	1,0	150,9	1,0

Фаза бутонизации (вторая декада июня) у всех изучаемых сортов наступает через 24–25 суток после начала фазы ёлочка при аккумуляции от 332 до 366 ± 47 °С активных температур и сумме осадков 15–26 мм, ГТК 0,4–0,7. Фаза цветения у раннеспелых сортов начинается через неделю после фазы бутонизации при дополнительном накоплении суммы активных температур 118–152±15 °С и влагообеспечении 5–11 мм осадков. Следует заметить, что контрольный сорт Зарянка зацветает на 1–2 сутки раньше, чем другие сорта.

Период от цветения до ранней желтой спелости у растений льна-долгунца занимает в среднем от 43 до 47 суток, при этом наибольшая продолжительность этого периода характерна для сорта Пересвет. Для того чтобы этот период прошел оптимально, необходимы ресурсы: активных температур – 848–989±58 °С, осадки 75–102 мм, ГТК – 0,9–1,0.

В условиях Ленинградской области для прохождения всех фаз развития льна-долгунца сорта Зарянка необходимо 81 сутки и сумма активных температур 1437 °С, для сортов Квартет и Пересвет на 3 и 9 суток больше, при накоплении суммы активных температур 1476 и 1569 °С и осадков 122, 127 и 151 мм соответственно.

3.3. *Морфологические показатели стебля льна-долгунца.* За годы наблюдений наибольший показатель технической длины 57,4 см отмечен у сорта Пересвет в варианте с внесением гуматов и N₁₀P₂₀K₄₀, что выше на 1,4–8,2 см по сравнению с другими вариантами и на 8,5–9,2 см больше по сравнению с лучшим значением у сорта Зарянка (48,2–48,9 см) и на 4,7–5,1 см больше по сравнению с сортом Квартет (52,3–52,7 см). Обработка семян сорта Пересвет перед посевом штаммами *Flavobacterium* и совместное применение N₁₀P₂₀K₄₀+*Pseudomonas* способствовали увеличению технической длины стебля льна на 4,3 и 5,4 см. У сорта Квартет техническая длина повышалась на 4 см от применения гуматов и *Flavobacterium* на фоне минеральных удобрений N₁₀P₂₀K₄₀.

Совместное применение минеральных и органоминеральных удобрений способствовало повышению (с 0,4–0,6 до 0,7 мм) у изучаемых сортов сбежистости стебля. Выявлена средняя отрицательная корреляционная зависимость ($r=-0,53$) сбежистости стебля льна от количества растений перед уборкой.

При анализе диаметра стебля не было отмечено существенных различий по сортам и фонам питания, так как диаметр на середине стебля варьировал в нешироком диапазоне и составил от 1,1 до 1,5 мм. В среднем за 3 года выявлена средняя отрицательная корреляционная связь ($r=-0,68$) между диаметром стебля льна (Y) и количеством растений (X), которая описывается уравнением регрессии: $y = 1,26 - 0,0004X$ (при $S_x \% = 3,1; 1,1 < X < 1,5$).

Мыклость в эксперименте зависела от сортовых особенностей льна-долгунца и от изучаемых приемов. У сорта Пересвет мыклость была выше на 13–122 единиц по сравнению с сортом Зарянка, исключением были варианты N₁₀P₂₀K₄₀+*Flavobacterium* и совместное применение гуматов с изучаемыми штаммами ризобактерий. Максимальная мыклость на уровне 480 единиц у сорта Пересвет отмечена в варианте с применением гуматов, у сортов Зарянка и Квартет на 20 и 30 единиц ниже (460 и 450 единиц) в вариантах от совместного применения гуматов и *Pseudomonas* и от применения штаммов *Pseudomonas* соответственно. В среднем за 3 года выявлена средняя положительная корреляционная связь ($r=0,69$) между мыкlostью стебля (Y) и количеством растений (X), которая описывается уравнением регрессии: $y = 404,3 + 0,115X$ (при $S_x \% = 3,8; 316 < X < 481$).

Таким образом, лучшими техническими данными стебля льна обладал сорт Пересвет в варианте, где применялись органоминеральные удобрения и вариант

с применением ассоциативных ризобактерий *Flavobacterium*. Общая длина стебля в этих вариантах составила 58,4 и 62,3 см, техническая длина – 50,7 и 55,1 см, диаметр не более 1,2 мм, сбежистость – 0,5–0,6 мм и мыклость более 448 единиц.

Выявлена корреляционная зависимость между количеством растений перед уборкой и сбежистостью, мыкlostью стебля льна. Чем больше растений перед уборкой, тем меньше сбежистость у стебля льна и больше мыкlostь, что обуславливает получение качественной льнопродукции.

3.4. Урожайность льносолемы, тресты и волокна раннеспелых сортов льна-долгунца. За годы проведения исследований урожайность льнопродукции зависела на 14–32 % от погодных условий, складывающихся во время вегетации, на 1–8 % от сорта и на 4–10 % от фона питания растений льна-долгунца.

Наиболее урожайным сортом в опыте отмечен Пересвет, у которого урожайность льносолемы составила 4,85 т/га, тресты – 3,79, всего волокна – 1,11 и длинного волокна – 0,89 т/га, что выше по сравнению с сортом Зарянка на 0,42 (9,6 %), 0,42 (12,3 %), 0,24 (28 %) и 0,23 т/га (35,5 %), и выше на 0,16 (3,5 %), 0,17 (4,8 %), 0,08 (8,2 %) и 0,11 т/га (13,8 %) по сравнению с сортом Квартет соответственно (табл. 4).

Применение органоминеральных удобрений в среднем за три года позволило увеличить урожайность льносолемы на 0,83 т/га (19 %) у сорта Зарянка, и на 0,47 т/га (9 %) у сорта Пересвет по сравнению с контролем.

По вариантам опыта урожайность льнотресты находилась в диапазоне от 2,73 до 4,26 т/га. Максимальная урожайность тресты отмечена у сорта Квартет 4,26 т/га в варианте, где применялись минеральные удобрения со штаммами *Pseudomonas*, что выше на 0,05–1,10 т/га по сравнению с другими фонами питания и на 0,26–1,53 т/га по сравнению с сортом Зарянка (НСР₀₅ по фактору А – 0,4 т/га). У сорта Пересвет этот показатель был на таком же уровне (4,23 т/га) и получен в варианте, где применялись гуматы, что выше на 0,2–1,0 т/га по сравнению с другими фонами питания (НСР₀₅ по фактору В – 0,8 т/га) и на 0,23–1,50 т/га по сравнению с сортом Зарянка. У сорта Зарянка наибольшая урожайность тресты (4,0 т/га) зафиксирована в варианте с использованием гуматов.

Наибольший выход всего волокна от 27,5 до 30,7 % отмечен у сорта Пересвет, у сорта Квартет ниже на 0,1–1,7 % (от 25,7 до 30,6 %), а у сорта Зарянка на 2,0–5,5 % (от 23,7 до 27,9 %) (рис. 4). Такие же закономерности были отмечены при анализе выхода длинного волокна, где разница между сортами изменялась от 1,1 до 5,8 % и составила 21,2–25,8 % у сорта Пересвет, 18,1–23,7 % у сорта Квартет и у сорта Зарянка – 15,7–21,2 %.

Максимальная урожайность волокна у сортов льна-долгунца получена в варианте с применением гуматов. У сорта Зарянка прибавка составила 0,34 т/га, у сорта Пересвет – 0,14 т/га. У сорта Квартет достоверную прибавку 0,23 и 0,24 т/га получили в вариантах, где применялись минеральные удобрения совместно с изучаемыми ризобактериями (при НСР₀₅ – 0,23 т/га).

Таблица 4 – Урожайность льнопродукции раннеспелых сортов льна-долгунца, т/га (среднее за 2021–2023 гг.)*

Сорт (Фактор А)	Органоминеральные удобрения, ассоциативные ризобактерии (Фактор В)	Урожайность, т/га			
		солоты	тресты	всего волокна	длинного волокна
Зарянка	Контроль	3,54	2,73	0,66	0,44
	Контроль+Н ₂ О	4,30	3,28	0,78	0,54
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	4,68	3,54	0,86	0,68
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	4,42	3,35	0,84	0,64
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	4,22	3,17	0,75	0,56
	Гуматы	5,27	4,00	1,12	0,87
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	4,45	3,43	0,87	0,68
	<i>Pseudomonas</i>	4,52	3,41	0,93	0,73
	<i>Flavobacterin</i>	4,13	3,17	0,83	0,66
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	4,20	3,28	0,81	0,64
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	4,22	3,23	0,83	0,66
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	4,77	3,65	0,98	0,74
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	4,78	3,64	0,97	0,75
	Среднее, \bar{x}	4,42	3,38	0,87	0,66
	Квартет	Контроль	4,05	3,15	0,82
Контроль+Н ₂ О		4,66	3,65	0,95	0,67
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀		4,92	3,82	1,06	0,79
N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀		4,91	3,75	1,04	0,80
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀		4,21	3,19	0,91	0,68
Гуматы		4,46	3,36	1,03	0,81
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы		4,75	3,55	0,99	0,75
<i>Pseudomonas</i>		4,30	3,36	1,00	0,78
<i>Flavobacterin</i>		4,46	3,51	1,00	0,78
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>		5,44	4,26	1,18	0,93
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>		5,41	4,21	1,19	0,95
Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>		4,57	3,59	1,08	0,86
Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>		4,73	3,69	1,08	0,83
Среднее, \bar{x}		4,68	3,62	1,03	0,79
Пересвет		Контроль	4,59	3,64	1,04
	Контроль+Н ₂ О	5,01	3,83	1,12	0,82
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	5,03	3,94	1,11	0,88
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	5,00	3,85	1,07	0,86
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	4,36	3,22	0,87	0,72
	Гуматы	5,35	4,23	1,26	1,06
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	5,12	4,01	1,19	0,97
	<i>Pseudomonas</i>	4,25	3,36	1,00	0,84
	<i>Flavobacterin</i>	4,62	3,67	1,10	0,86
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	5,11	4,02	1,17	1,00
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	5,02	3,94	1,18	0,90
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	4,70	3,75	1,14	0,96
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	4,84	3,85	1,18	0,99
	Среднее, \bar{x}	4,85	3,79	1,11	0,89
	НСР ₀₅ для фактора А (сорт)		0,52	0,40	0,12
НСР ₀₅ для фактора В и АВ (фон питания)		1,09	0,83	0,23	0,19

* в каждом сорте 3–5 варианты сравниваем с 1-м контролем, 6–12 варианты сравниваем со 2-м контролем.

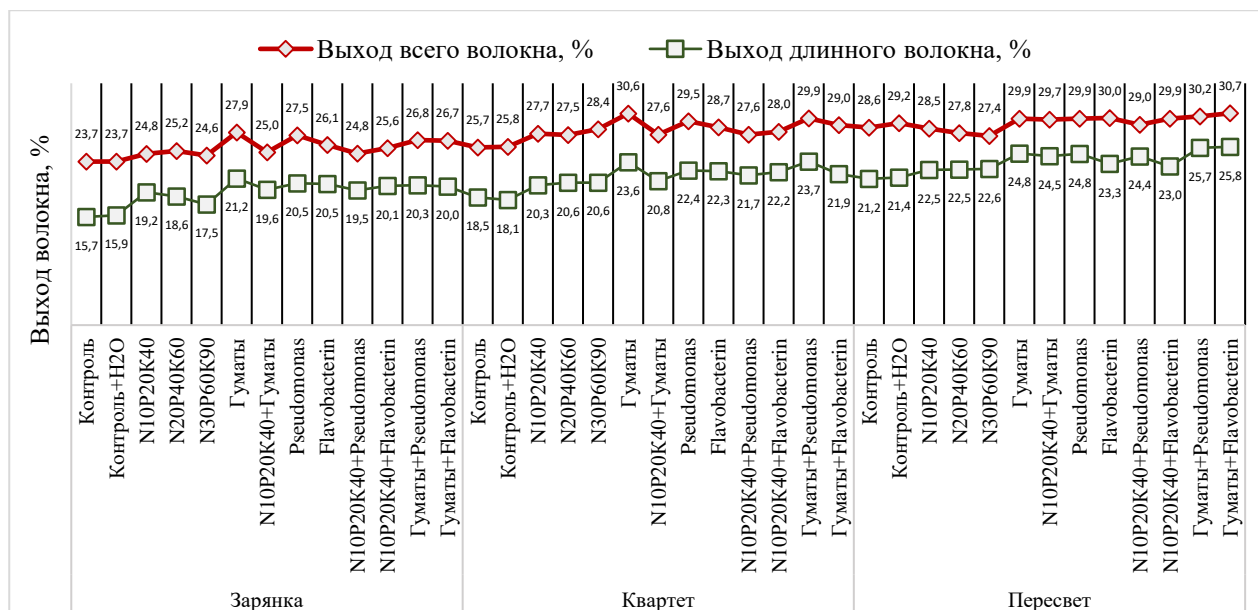


Рисунок 4 – Выход всего и выход длинного волокна льна-долгунца в зависимости от применения органо-минеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, % (среднее за 2021–2023 гг.)*

* в каждом сорте 3–5 варианты сравниваем с 1-м контролем, 6–12 варианты сравниваем со 2-м контролем

Внесение гуматов при посеве у сорта Пересвет способствовало формированию достоверно наибольшей урожайности длинного волокна 1,06 т/га, что выше на 0,19–0,62 т/га (18–58 %) по сравнению с сортом Зарянка и на 0,11–0,46 т/га (10–43 %) по сравнению с сортом Квартет при НСР₀₅ по фактору А – 0,09 т/га.

В среднем за 3 года выявлена сильная положительная корреляционная связь ($r=0,90$) между урожайностью длинного (У) и выходом длинного волокна из тресты (Х), которая описывается уравнением регрессии: $y = 0,051X - 0,31$ (при $S_x \% = 4,2; 15,7 < X < 25,8$).

Таким образом, достоверно лучшим сортом в опыте является Пересвет (с уровнем урожайности – 0,9 т/га), так как при его возделывании можно увеличить урожайность длинного волокна на 0,10 и 0,23 т/га (или 26 и 11 %) при НСР₀₅ 0,09 т/га по сравнению с сортами Зарянка и Квартет соответственно.

Применение гуматов и комбинированное использование гуматов и ассоциативных ризобактерий у сорта Зарянка достоверно увеличивали урожайность длинного волокна с 0,54 до 0,74–0,87 т/га (на 0,20–0,33 т/га) при НСР₀₅ по фактору В – 0,19 т/га. У сорта Квартет достоверная прибавка с 0,67 до 0,93–0,95 т/га (на 0,26–0,28 т/га) обеспечивалась за счет совместного припосевного внесения минеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий. Достоверное увеличение урожайности с 0,82 до 1,06 т/га длинного волокна у сорта Пересвет отмечено на фоне применения органо-минеральных удобрений (прибавка составила 0,24 т/га).

3.5. Технический анализ волокна раннеспелых сортов льна-долгунца. В среднем за три года проведения опыта наибольший номер (10,03) отмечен у сорта Зарянка при совместном применении минеральных удобрений и штамма ризобактерий *Flavobacterium*. Сорт Пересвет отличался отзывчивостью на

применение минеральных, органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, т. к. в этих вариантах наблюдали повышение номера длинного волокна (на 0,54–1,26 единиц) с 9,51 до 10,05–10,77.

Припосевное внесение $N_{10}P_{20}K_{40}$ и обработка семян *Pseudomonas* при возделывании сорта Зарянка, а у сорта Пересвет – *Flavobacterium* способствовало снижению линейной плотности на 16 и 30 % соответственно. Наибольшей гибкостью в эксперименте отличался сорт Пересвет – 32–38 мм, что выше на 11–25 % в сравнении с сортом Зарянка.

У сорта Пересвет разрывная нагрузка повышалась на 1–3 даН или на 9–27 % от применения ассоциативных ризобактерий *Pseudomonas*, *Flavobacterium* и гуматов с *Pseudomonas*. У сорта Зарянка значения прочности были ниже, варьируя в небольшом диапазоне от 9 до 10 даН. Расчетная относительная разрывная нагрузка у сорта Пересвет изменялась по вариантам опыта от 10,27 до 11,95, а у сорта Зарянка от 9,84 до 11,40 сн/текс.

В четвертой главе «Экономическая эффективность возделывания раннеспелых сортов льна-долгунца при припосевной обработке семян в условиях Ленинградской области» представлен расчет экономической эффективности изучаемых агротехнических приемов. Общие затраты при возделывании льна-долгунца составили: у сорта Зарянка от 30 до 40, у сорта Квартет – от 32 до 42 и у сорта Пересвет от 32 до 42 тыс. руб./га (табл. 5).

Максимальная себестоимость продукции 16–17 тыс. руб./т (треста с учетом дополнительной продукции – семена) получена в вариантах с использованием высоких доз минеральных удобрений. Применение гуматов и совместное применение минеральных удобрений и гуматов с ассоциативными ризобактериями способствовало снижению уровня себестоимости продукции в пределах 1000 руб./т.

Расчет экономической эффективности возделывания льна-долгунца с использованием изучаемых агроприемов показал, что в условиях Ленинградской области возделывание различных раннеспелых сортов льна-долгунца, используемых на волокно, эффективно, так как по всем изучаемым вариантам была получена положительная рентабельность от 23 до 98 %. Исключением являлись варианты с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{60}K_{90}$ у всех изучаемых сортов и контроля у сорта Зарянка. У сорта Зарянка наибольшая рентабельность 78 % достигнута при использовании гуматов и комбинации гуматов с ризобактериями *Flavobacterium*. У сорта Квартет наибольший уровень рентабельности 71 % был получен при совместном применении органоминеральных удобрений и *Pseudomonas*. Комбинированное использование минеральных удобрений, гуматов с ассоциативными ризобактериями у этого сорта также обеспечивало высокий (67–68 %) уровень рентабельности. Самая высокая рентабельность 98 % в опыте получена при возделывании сорта Пересвет с припосевной обработкой семян гуматами, что на 8–14 % выше в сравнении с вариантами, где применялись гуматы со штаммами ассоциативных ризобактерий.

Применение гуматов и ассоциативных ризобактерий способствовало повышению рентабельности возделывания сорта льна-долгунца Зарянка на 40–

43 %, сорта Квартет – на 30–48 % и сорта Пересвет – на 18–31 % в сравнении с контролем.

Таблица 5 – Экономическая эффективность возделывания льна-долгунца при применении органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, среднее за 2021–2023 гг. (в ценах 2024 г.)

Сорт (Фактор А)	Фактор В	Урожайность, т/га		Затраты, руб./га	Себесто- имость 1 т условной льнопродук- ции, руб.	Стоимость продукции, руб./га	Прибыль, руб./га	Рентабель- ность, %
		треста	семена					
Зарянка	Контроль	2,73	0,85	29561	12922	28727	-834	-2,8
	N10P20K40	3,54	0,87	33804	12322	45869	12065	35,7
	N30P60K90	3,17	0,82	40000	15992	28553	-11447	-28,6
	Контроль+H2O	3,28	1,02	30177	10984	39493	9316	30,9
	Гуматы	4,00	0,85	30001	10219	53372	23371	77,9
	Гуматы+Pseudomonas	3,65	0,95	30615	10608	53755	23140	75,6
	Гуматы+Flavobacterin	3,64	0,87	30332	10861	54047	23715	78,2
Квартет	Контроль	3,15	1,03	32319	12066	39699	7380	22,8
	N10P20K40	3,82	1,04	36523	11909	60800	24277	66,5
	N30P60K90	3,19	0,72	42110	16836	29534	-12576	-29,9
	Контроль+H2O	3,65	1,03	32287	11752	39799	7512	23,3
	Гуматы	3,36	0,82	31988	12316	48965	16977	53,1
	Гуматы+Pseudomonas	3,59	0,92	32618	11553	55937	23319	71,5
	Гуматы+Flavobacterin	3,69	0,85	32373	11591	53897	21524	66,5
	N10P20K40+Pseudomonas	4,26	0,98	36593	11553	61351	24758	67,7
N10P20K40+Flavobacterin	4,21	0,96	36521	11591	61055	24534	67,2	
Пересвет	Контроль	3,64	0,92	31692	11124	47511	15819	49,9
	N10P20K40	3,94	0,82	35497	12376	52379	16882	47,6
	N30P60K90	3,22	0,79	41754	16743	33256	-8498	-20,4
	Контроль+H2O	3,83	1,01	32015	10525	53303	21288	66,5
	Гуматы	4,23	0,80	31689	10700	62635	30946	97,7
	Гуматы+Pseudomonas	3,75	0,91	32336	11178	61365	29029	89,8
Гуматы+Flavobacterin	3,85	0,83	32056	11281	58970	26914	84,0	

В работе рассчитана рентабельность от полученной прибавки урожая тресты различных сортов льна-долгунца в зависимости от действия изучаемых агротехнических приемов. Использование гуматов было экономически оправдано только в тех случаях, когда прибавка урожайности тресты от их использования не была ниже 0,4 т/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В условиях Ленинградской области на дерново-карбонатной среднесуглинистой почве ежегодно можно получать урожайность длинного волокна раннеспелых сортов льна-долгунца на уровне: сорт Зарянка – 0,7 т/га, сорт Квартет – 0,8 т/га и сорт Пересвет – 0,9 т/га.

2. Наиболее адаптированным сортом к условиям Ленинградской области является сорт Квартет с полевой всхожестью семян 73 %, сохраняемостью растений к уборке 82 % и коэффициентом адаптации 60 %. Наименее адаптированным к условиям среды возделывания является сорт Зарянка, у которого отмечено снижение этих показателей на 6, 5 и 7 % соответственно.

3. Использование припосевной обработки семян гуматами совместно с ассоциативными ризобактериями *Pseudomonas* у сорта Зарянка способствует увеличению на 8–30 % (до 80 %) полевой всхожести, а сохраняемости – на 1–15 % (83 %); на посевах льна-долгунца сорта Пересвет такой же эффект отмечен от применения гуматов: полевая всхожесть повышалась на 5–27 % (до 83 %), сохраняемость – на 3–15 % (86 %); у сорта Квартет наибольшие значения полевой всхожести (на уровне 81 %) и сохраняемости (от 84 до 87 %) отмечены при внесении гуматов, инокуляции ассоциативными ризобактериями *Flavobacterium* и при комбинации гуматов с *Flavobacterium*.

4. В условиях Ленинградской области для прохождения фаз развития льну-долгунцу сорта Зарянка необходимо 81 сутки вегетации, сумма активных температур 1437 °С и 122 мм осадков. Сортам Квартет и Пересвет на 3 и 9 суток больше при накоплении суммы активных температур 1476 и 1569 °С и осадков – 127 и 151 мм соответственно.

5. Формирование элементов структуры урожайности раннеспелых сортов льна-долгунца в большей степени зависело от количества сохранившихся растений перед уборкой на единице площади и изучаемых агротехнических приемов. Чем больше насчитывалось перед уборкой растений, тем меньше была сбежистость ($r=-0,53$) у стебля льна и больше мыклость ($r=0,69$), что обуславливает получение качественной льнопродукции.

Сорт льна-долгунца Пересвет обладал наилучшими техническими данными стебля в варианте, где применялись органоминеральные удобрения и в варианте с применением ассоциативных ризобактерий *Flavobacterium*. Общая длина стебля в этих вариантах составила 58 и 62 см, техническая – 51 и 55 см, диаметр не более 1,2 мм, сбежистость – 0,5–0,6 мм и мыклость более 448 единиц.

6. Сорт Пересвет в условиях Ленинградской области является наиболее продуктивным по сравнению с сортами Зарянка и Квартет, так как урожайность тресты, всего и длинного волокна была больше на 4–11 %, 7–22 % и 11–26 % соответственно.

Применение гуматов и комбинированное использование гуматов с ассоциативными ризобактериями у сорта Зарянка способствует увеличению урожайности длинного волокна на 27–38 %. У сорта Квартет повышение этого показателя на 28–29 % зафиксировано при совместном припосевном внесении минеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий. У сорта Пересвет увеличение урожайности длинного волокна на 23 % отмечено в варианте с применением органоминеральных удобрений.

7. Выявлена сильная положительная корреляционная связь ($r=0,90$) между урожайностью длинного волокна различных сортов льна-долгунца и выходом длинного волокна из тресты.

8. Номер и качество волокна зависели от изучаемых агротехнических приемов и погодных условий, складывающихся во время вылежки тресты. Наибольший номер (более 10) у сорта Зарянка отмечен при совместном применении минеральных удобрений и штамма ризобактерий *Flavobacterium*. Сорт Пересвет отличался отзывчивостью на применение минеральных, органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, т. к. в этих

вариантах наблюдалось повышение номера длинного волокна с 9,5 до 10,1–10,8 (на 0,54–1,26 единиц).

9. С экономической точки зрения в условиях Ленинградской области наиболее эффективно высевать сорт Зарянка с применением гуматов и комбинации гуматов с ризобактериями *Flavobacterium* и *Pseudomonas*, при этом уровень рентабельности можно повысить на 40–44 %, достигая 76–78 %. Сорт Квартет реализует свой потенциал при совместном припосевном использовании минеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, при этом уровень рентабельности достигает наибольшего значения 67 %. Наибольшей рентабельностью – 98 %, что на 20–31 % больше по сравнению с лучшими значениями других сортов, отличался сорт Пересвет при включении в технологию возделывания припосевной обработки семян органоминеральными удобрениями (гуматами).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Для получения стабильных урожаев волокна льна-долгунца высокого качества в условиях Ленинградской области на дерново-карбонатной почве необходимо высевать раннеспелый сорт Пересвет, включая в технологию возделывания припосевную обработку семян органоминеральными удобрениями (гуматами) в дозе 5 л (50 ppm) на гектарную норму семян.

При возделывании сорта Квартет припосевная обработка семян должна включать совместное использование минеральных удобрений в дозе $N_{10}P_{20}K_{40}$ и препаратов, содержащих ассоциативные штаммы ризобактерий *Pseudomonas 17-1* или *Flavobacterium 30*, с нормой расхода 2 мл/кг семян и концентрацией жизнеспособных клеток 10^9 КОЕ/мл.

Предусмотреть при возделывании сорта Зарянка обработку семян перед посевом органоминеральными удобрениями (гуматами) в дозе 5 л (50 ppm) на гектарную норму семян или при их совместной комбинации с препаратами, содержащими ассоциативные штаммы ризобактерии *Pseudomonas 17-1* или *Flavobacterium 30*, норма расхода – 2 мл/кг семян (с концентрацией жизнеспособных клеток 10^9 КОЕ/мл).

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Для развития отечественной сырьевой базы и увеличения производства качественной льняной продукции планируется провести исследования с использованием цифровых технологий, современных интеллектуальных программ и новых агрохимикатов при возделывании высокопродуктивных адаптивных сортов льна-долгунца.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Носевич, М. А. Биометрические показатели стебля раннеспелых сортов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) в условиях Ленинградской области / М. А. Носевич, **Ж. Аль Мерри** // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1(75). – С. 9–16. – DOI 10.24412/2078-1318-2024-1-9-16. – EDN JHBSIQ.

2. Носевич М.А., Ганусевич Ф.Ф., **Аль Мерри Ж.** Влияние минеральных, органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий на урожайность и качество льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) // Вестник Курганской ГСХА. 2025. No 3(55). С. 11–19. EDN FZOXPS.

Статьи, опубликованные в других изданиях

3. Носевич, М. А. Морфологические особенности стебля льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) в зависимости от органоминеральных удобрений / М. А. Носевич, **Ж. Аль Мерри** // Актуальные проблемы науки и практики в исследованиях молодых ученых: Сборник I международной научно-практической конференции, Новосибирск, 21–22 мая 2024 года. – Новосибирск: ИЦ НГАУ "Золотой колос", 2024. – С. 167–171. – EDN GKFEMJ.