

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Носевич Мария Анатольевна

Санкт-Петербург – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ ПРИПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЛЬНА-ДОЛГУНЦА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ). 11	
1.1. История, использование льна-долгунца и современное состояние льноводства в России.....	11
1.2. Морфологическая характеристика и биологические особенности льна-долгунца	17
1.3. Органоминеральное питание льна-долгунца	20
1.4. Современное использование ассоциативных ризобактерий в технологии возделывания льна-долгунца	28
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	36
2.1. Объекты исследований.....	36
2.2. Почвенные и агрометеорологические условия в годы проведения исследований	38
2.3. Методы проведения исследований	42
ГЛАВА 3. УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПРИ ПРИПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	49
3.1. Полевая всхожесть, рост и сохраняемость растений льна-долгунца к уборке	49
3.2. Рост и развитие растений раннеспелых сортов льна-долгунца в условиях Ленинградской области	58
3.3. Морфологические показатели стебля льна-долгунца	65
3.4. Урожайность льносоломы, тресты и волокна раннеспелых сортов льна-долгунца	73
3.5. Технический анализ волокна раннеспелых сортов льна-долгунца	83
3.6. Урожайность семян льна-долгунца.....	89

ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПРИ ПРИПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ	102
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	103
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	128
Приложение А – Динамика количества взошедших и сохранившихся растений льна-долгунца.....	129
Приложение Б – Вариабельность показателей морфологической структуры стебля раннеспелых сортов льна-долгунца в зависимости от приемов возделывания	133
Приложение В – Дисперсионный анализ влияния изучаемых факторов на урожайность льнопродукции сортов льна-долгунца в зависимости от изучаемых приемов возделывания.....	139
Приложение Г – Динамика урожайности льнопродукции сортов льна- долгунца в зависимости от приемов возделывания.....	143
Приложение Д – Выход всего и длинного волокна у раннеспелых сортов льна-долгунца в зависимости от применения органоминеральных удобрений и ассоциативных штаммов ризобактерий	149
Приложение Е – Технологическая карта возделывания льна-долгунца сорта Пересвет при применении гуматов	151
Приложение Ж – Апробация результатов научной разработки.....	152

ВВЕДЕНИЕ

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 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).

В основном 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. И именно поэтому создание наиболее эффективных комбинаций «сорт – 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. 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 C. (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 1: «Обоснование и получение продукции сельскохозяйственных и декоративных культур заданного качества в конкретных почвенно-климатических условиях при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду в Северо-Западном федеральном округе», подтема 1.5: «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», раздел 1.5.3: «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 % (приложения Ж1–Ж2).

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

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и предложений производству. Работа изложена на 155 страницах компьютерного текста, содержит 15 таблиц, 15 рисунков, 7 приложений. Список литературы включает 217 источников, из них – 27 работ иностранных авторов.

Личное участие автора. Автор принял личное участие во всем комплексе исследований в период с 2021 по 2024 гг., в проведении полевых, камеральных опытов и наблюдений, анализе полученных результатов и литературных данных,

подготовке диссертации и автореферата, написании статей и подготовке сообщений для выступлений.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа Аль Мерри Жасмин соответствует научной специальности 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство в следующих областях исследования: п. 20. Органогенез видов (сортов) растений; особенности образования, роста отдельных надземных и подземных органов и их роль в формировании урожая (по фазам); п. 23. Экологическая реакция видов (сортов) на изменяющиеся условия внешней среды (отношение к температурным, почвенным условиям, а также к условиям влагообеспеченности, пищевого и светового режима); п. 24. Влияние условий среды на накопление белков, углеводов, жиров, образование волокон и их качество; п. 26. Реакция высокоурожайных видов (сортов) на предшественников, приемы обработки почвы, способы, сроки, глубину и нормы посева, виды, дозы и сочетания макро- и микроудобрений, использование регуляторов роста, новых форм удобрений, приемы ухода за растениями, на способы и сроки уборки; п. 27. Разработка агротехнических приемов повышения качества продукции растениеводства; п. 29. Процессы, происходящие в семенах в период формирования, созревания и образования всходов; разработка приемов повышения посевных качеств семян, а также методов их оценки.

ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ ПРИПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЛЬНА-ДОЛГУНЦА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. История, использование льна-долгунца и современное состояние льноводства в России

Лён является традиционной для России сельскохозяйственной культурой и единственным растительным сырьем для текстильной промышленности, производимым в нашей стране.

Достоверно установлено, что на древнем Востоке культурный лён как прядельное и масличное растение был введён в культуру раньше, чем хлопчатник (Зеленцов С.В., 2012). По мнению Г. И. Танфильева, родиной льна является Западная Персия, откуда он проник в другие страны, причисляемые к древнейшим очагам культуры льна, в – Индию, Китай, районы Средней Азии, а также на запад и юго-запад, прежде всего в Вавилон и Египет, где лен разводился вначале только ради получения съедобных семян. На волокно его стали разводить в Египте в конце третьего тысячелетия до нашей эры. Выделка льняных тканей в Египте достигла большого совершенства, эти изделия высоко ценились в Греции и Риме (Танфильев Г.И., 1923).

Для льна Н.И. Вавилов (1967) определил 2 автономных центра происхождения, то есть две большие географические группы культурных сортов: Юго-Западная Азия и Северная Африка. Для Юго-Западной Азии характерны обыкновенные европейские формы льнов-долгунцов и льнов-кудряшей, возделываемых на семена – с мелкими семенами, мелкими коробочками и цветками. В Европе наблюдается увеличение размера семян. Ко второй группе относятся крупносемянные, крупно-

коробочные, крупноцветковые сорта, свойственные Египту, Тунису, Алжиру, Марокко и Европейскому побережью Средиземного моря, которые в России мало известны (Минкевич И.А., 1957).

По сведениям И. И. Дмитриевской и др. (2015), для снижения зависимости промышленных предприятий от импорта прядильных культур льноводство в России должно интенсивно развиваться. Для его успешного развития необходимо продолжать исследования по разработке агроприемов повышения продуктивности и качества льноволокна.

Значение отрасли льноводства определяется тем, что продукция из льна является практически единственным видом собственного натурального растительного сырья для отечественной легкой промышленности, и в свете реализации курса на импортозамещение актуальным является дальнейшее развитие льняного подкомплекса (Овчаренко Я.Э., 2018).

По мнению Е. В. Торикова (2016), в условиях Нечерноземной зоны РФ сложились наиболее благоприятные условия для роста и развития растений льна-долгунца. На протяжении столетий на этой территории лен был главной «коммерческой» культурой. Обеспечение устойчивого роста величины и качества урожая сельскохозяйственных культур связано с повышением экологической устойчивости самих растений за счёт подбора сортов, адаптивных технологий их возделывания (Жученко А.А., 2004).

В отличие от других природных ресурсов сырья, лён-долгунец является ежегодно воспроизводимым, стратегически важным богатством России (Чекмарев П.А., 2013).

Широкий спектр видов продукции из льна предопределяет его высокое значение как для отрасли сельского хозяйства, так и для экономики в целом.

По данным А. Н. Налиухина (2022), повышенный спрос на льняные изделия обусловлен рядом таких его свойств, как гигроскопичность, воздухопроницаемость – меньшая, чем у других тканей, электролизуемость.

Семена льна-долгунца используются для получения технического и пищевого льняного масла. Преимущественно в его состав входят полиненасыщенные

жирные кислоты, из них 57–64% приходится на линоленовую кислоту, относящуюся к незаменимым жирным кислотам (Омега-3) в рационе питания человека (Рудаков О.Б. и др., 2005; Белопухов С.Л. и др., 2010).

Сопутствующим продуктом при производстве льняного масла является жмых, содержание белка в котором достигает 30%, а питательность 1 кг жмыха соответствует 1,15 корм. ед. Использование его в животноводстве может помочь восполнить существующий дефицит протеина в кормах (Оробинский Д.Ф., 2005).

Льняное волокно по химическому составу представляет собой высокомолекулярный полимер, состоящий главным образом из целлюлозы (80–95 %), оно содержит лигнин, пектиновые вещества, макро- и микроэлементы. Соотношение содержания целлюлозы, лигнина, пектиновых веществ определяет качество волокна, а также меняет его структуру. Высококачественное волокно содержит много целлюлозы, оно прочное, гладкое, по микроструктуре образовано длинными целлюлозными клетками микрофибрилл волоконца (Васин В.Г., 2009).

Льнотреста – источник короткого льноволокна, из которого получают не только грубые ткани и паклю, но и композитные, нетканые материалы, а также медицинскую вату (Налиухин А.Н., 2015). Костра крупного помола используется как подстилка при стойловом содержании КРС, лошадей и животных в зоопарке; благодаря своим природным антисептическим свойствам она предотвращает заболевание копытной гнилью. Волокнистые целлюлозосодержащие остатки от костры используют в качестве богатых клетчаткой наполнителей (сбалансированных веществ) в кормах для животных (Галиуллин А.К., 2022).

Использование отходов льнопереработки – это решение сразу двух задач: экологизации производства и создания оригинальных продуктов. Льняную костру можно использовать в технологии производства экологически чистой биоразлагаемой упаковки для пищевых продуктов (Бадретдинова И.В., Шумилова И.Ш., 2018). Около 4 % объема произведенной в Европе льняной костры используется в садоводстве как мульчирующий материал. Цельная костра оптимизирует структуру почвы и служит хорошим органическим удобрением для разрыхления почв. Она обладает высокой поглотительной способностью, хорошо удерживает влагу в

почве, что способствует медленному вымыванию питательных веществ и лучшему поглощению их растениями (Жарких О.А., 2021). Также льняная костра широко используется в европейском строительном сегменте (около 16% от общего объема производства). Из-за низкой плотности, которая придает материалам высокие тепло- и звукоизоляционные качества, а также эффективно впитывает и испаряет лишнюю влагу, костра составляет большую конкуренцию дереву и минеральным стройматериалам (Угрюмов С.А., 2006).

Благодаря высокому содержанию α -целлюлозы льноволокно применяется в производстве специальной высококачественной бумаги (сигаретная, гигиенические бумажные изделия, банкноты). Из вторичных ресурсов льносырья создаются сорбенты для очистки вин, масел, воды и даже воздуха (Рожмина Т.А., Понажёв В.П., 2015).

Порошки белкового концентрата и полисахаридного экстракта из жмыха семян льна-долгунца обладают высокими функционально-технологическими свойствами, в частности водоудерживающей, жирудерживающей и эмульгирующей способностью, что позволяет применять его в пищевых технологиях (Миневич И.А., Цыганова Т.Б., 2020).

Использование полимерных композитов, армированных натуральными растительными волокнами, например, волокнами льна в автомобильной промышленности снижает массу автомобиля, что приводит к сокращению расхода топлива, снижению коррозии материалов и улучшению потребительских свойств автомобиля. Возможность полной вторичной переработки вышедших из строя деталей автомашин обеспечит сохранение окружающей среды и позволит регулировать потребление натуральных ресурсов (Донецкий К.И., Хрульков А.В., 2015).

Увеличение объемов применения льноволокна для производства биокомпозитных и нетканых материалов будет способствовать приостановлению уничтожения лесов, предотвращению накопления бионеразлагающихся отходов, защите окружающей среды (Рожмина Т.А., Понажёв В.П., 2015).

Для России выгодно возделывать лён там, где природно-климатические условия мало подходят для выращивания других сельскохозяйственных культур. К таким территориям относятся Центральный и Северо-Западные федеральные округа. В этих регионах лён может занять лидирующее положение в структуре агропромышленного комплекса и стать базой для формирования льноводческого кластера (Ткач А.В., Порфиоров П.А., 2014). Общими хозяйственно-ценными признаками сортов для всех зон должны быть высокая продуктивность и высокое качество волокна и семян. В Северо-Западном регионе следует возделывать в основном ранне-спелые сорта с непродолжительным периодом вегетации и высокой устойчивостью к болезням и полеганию. Важно соблюдать оптимальные сроки уборочных работ, продолжительность которых не должна превышать 12–14 дней (Понажёв В.П., 2013).

По BusinesStat прогнозам, к 2025 г., мировое производство льна достигнет 85,7 тыс. тонн, что превысит уровень 2020 г. на 19%.

По данным Федерального государственного учреждения "Агентство "Лён" в 1990 г. посевная площадь льна-долгунца в России составляла 418,3 тыс. га. По данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат) в 2024 г. было вытреблено 40,0 тыс. га, 2,2 тыс. га (5,5 %), из которых – в Северо-Западном федеральном округе.

Главной причиной сокращения льняного поля России является убыточность льноводства. В 2012 г. из 18 регионов, возделывающих лён, производство льноволокна было убыточно в 13 регионах, в двух регионах его реализация не осуществлялась. С учетом субсидий производство льноволокна было убыточно в трех регионах (Боткин О.И., 2015).

Франция обеспечивает около $\frac{3}{4}$ мирового производства, при 48,5% посевных площадей. Бельгия выдаёт 8,2% мирового объёма (при 6,3% мировых посевов). Беларусь и Россия вместе производят 8,7% мировой выработки, сосредоточив 31,6% посевных площадей под лён-долгунец (Россия среди ключевых стран-производителей натуральных волокон, 2022).

На сегодняшний день насчитывается около 60 льна перерабатывающих предприятий льна-долгунца на территории РФ: в Брянской, Костромской, Смоленской, Тверской, Ярославской, Волгоградской, Нижегородской, Новгородской, Омской, Томской областях, а также в Алтайском крае, республиках Удмуртия, Татарстан и Марий Эл (ФГУ «Агентство по производству и первичной обработке льна и конопли "Лен"», 2021).

В Российской Федерации по итогам посевной компании в 2024 г. лен-долгунец посеян в 19 областях страны на площади 39,9 тыс. га. Лидерами по посеву льна стали Смоленская область (6,2 тыс. га), Удмуртская Республика (5,6 тыс. га), Омская область (5,3 тыс. га). Лидером среди округов РФ по посевам льна-долгунца стал Центральный Федеральный округ 16,5 тыс. га (Росстат. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства).

Годовая потребность в льняном волокне в стране составляет более 130 тысяч тонн, а фактическое его производство 26,2 тыс. т, что в 5 раз ниже. Для того чтобы производить конкурентоспособное сырье для производства льноволокна, необходимо повышать рентабельность производства льнотресты путем сокращения затрат. Это может быть достигнуто только внедрением современных научных разработок в области растениеводства, механизации, микробиологии, селекции (Рожкова А.В., 2021).

Рентабельность производства льнотресты без государственной поддержки вследствие высоких затрат очень низка даже при высокой урожайности и хорошем качестве. Достаточного уровня рентабельность в этом случае достигает на тресте номером 2,0–2,5 с урожайностью 5,0–5,5 т/га и выше. Понятно, что достичь таких средних показателей при нынешнем уровне развития льноводства в России очень сложно. То же можно сказать о прибыли от производства тресты при отсутствии субсидий. Какое-либо расширенное воспроизводство отрасли в коллективном хозяйстве возможно при площади льна от 300 га и ежегодном урожае тресты 5,5–6,0 т/га, что при существующей культуре земледелия в льноводческих хозяйствах Нечернозёмной зоны РФ нереально (Чекмарёв П.А., Карпунин Б.Ф., 2010).

По данным О. В. Тишковой (2014), в структуре затрат на выращивание льна-долгунца наибольший удельный вес имеют затраты на семена – 29,5%, содержание основных средств – 23,6 и удобрения – 13,8%.

По данным российской ассоциации производителей удобрений, цены на минеральные удобрения за последние 10 лет повысились в среднем на 76%, только за последний год цены на азофоску увеличились на 15%, на аммофос и хлористый калий – на 21%. Биологической альтернативой минеральным азотным удобрениям в сельском хозяйстве является использование удобрений на основе азотфиксирующих организмов. Микробные удобрения обладают рядом преимуществ по сравнению с минеральными удобрениями: являются безвредным для человека, животных, птиц и насекомых; улучшают плодородие почв; являются дешевыми в изготовлении; производство биологических удобрений и их использование не наносит вреда окружающей среде, так как компоненты биопрепаратов не накапливаются в экосистемах и легко утилизируются (Малашин С.Н., 2005).

1.2. Морфологическая характеристика и биологические особенности льна-долгунца

Ботаническая классификация льна была разработана Н.И. Вавиловым в 1940 г. Лен (*Linum*) – род однолетних и многолетних травянистых растений, и кустарников семейства льновых (*Linaceae*). Род *Linum* L. включает в себя более 200 видов однолетних и многолетних растений (Объедков М.Г., 1979; صبيوح محمود, 2013). Для практических целей используется преимущественно вид *Linum usitatissimum* L. (лён обыкновенный, культурный) (Чагодаева Е.Д., 2013), который подразделяется на пять видов: долгунец (прядильный), межеумок (промежуточный), кудряш, крупносемянный, стелющийся (Савельев В.А., 2021).

Лён-долгунец – одностебельное, неветвящееся растение с 1–3 коробочками, имеет гладкий стебель высотой 70–125 см и выше. Стебель цилиндрический, го-

лый, покрытый восковым налетом, светло-зеленый, иногда с сизым оттенком (Исламова Ч.М., 2019). Выход волокна до 30 % общей массы стебля. Листья длиной 36–40 мм, шириной 2,0–4,4 мм, ланцетовидные, сидячие, цельнокрайние, зеленые или сизые, со слабым восковым налетом, густо расположенные на стебле под острым углом, поочередно по винтовой линии, отмирают во время созревания льна (Попеляева Н.Н., 2014).

Соцветие – зонтиковидная кисть. Диаметр раскрытого цветка 15–24 мм. Окраска лепестков обычно голубая, редко белая или розовая. Коробочки мелкие, 6,2–8,3 мм длины и 5,7–6,8 мм ширины (Красина И.В., 2018). Корневая система у льна-долгунца развита слабо и составляет 8–10% массы растения, причём основная её часть (до 80%) располагается в верхнем, пахотном (0–22 см) слое почвы и обладает слабой поглотительной способностью (Васин В.Г., 2009).

Плод льна – шаровидная пятигнездная коробочка длиной 6,1–8,3 мм, шириной 5,7–6,8 мм. Каждое гнездо разделено неполной, обычно неопушенной перегородкой на два полугнезда, содержащих по одному семени. Семя плоское, яйцевидной формы с хорошо развитым и слегка загнутым носиком, гладкое, блестящее, скользкое, очень разнообразное по окраске: черновато-бурое, бурое, коричневое, буро-желтое, желтое, светло-желтое, однородно окрашенное или пестрое (Попеляева Н.Н., 2014).

Характерные особенности внутреннего строения стебля льна – мощно развитый твердый луб, пучками расположенный вдоль всего стебля, по его периферии, и непрерывное расположение камбия, что обуславливает легкость отделения коры от древесины и имеет большое значение при использовании льна в качестве прядильной культуры (Рогаш А.Р., 1973). Содержание волокна имеет тесную обратную связь с соотношением между лубом и древесиной. У сортов с более низким содержанием волокна содержание древесины больше, чем луба (Тихвинский С.Ф., 1973). Качество волокна хуже у сортов, характеризующихся большим диаметром элементарных волокон и повышенным количеством одревесневших волокон (Дуктова Н.А., 2014).

Лён-долгунец – растение двудольное. Семя, попавшее в почву при благоприятной температуре (4–5 °С) и влажности, начинает прорастать, увеличиваются размеры семядольных листочков и корешка зародыша, питание которого в это время происходит за счет эндосперма семени (Рогаш А.Р., 1967). Количество воды, необходимое для прорастания семян льна (% к массе семян) составляет 107%; транспирационный коэффициент 400–505 (Муха В.Д., 1994). Оптимальная среднесуточная температура для появления всходов 9–12 °С, для формирования вегетативных органов – 14–16 °С, генеративных – 16–19 °С, плодоношения – 16–18 °С (Объедков М.Г., 1979). Вегетационный период 70–85 дней. За этот период растениям льна-долгунца требуется накопление сумм активных температур: для раннеспелых сортов >1300 °С, позднеспелых 1500 °С (Ториков В.Е., 2022). Это растение длинного светового дня с невысокой интенсивностью освещения, лучшая для него пасмурная облачная погода (Михеев Н.В., 2019). Сильное освещение вызывает усиленное ветвление стебля, что снижает урожайность длинного волокна (Ториков В.Е., 2022).

В процессе онтогенеза льна-долгунца различают пять последовательных фаз, для которых характерны морфологические и качественные изменения льняного растения. Выделяют следующие фазы: всходы, «ёлочка», фаза быстрого роста, бутонизация, цветение, созревание (Попеляева Н.Н., Штабель Ю.П., 2014). В фазе созревания различают зеленую, раннюю желтую, желтую и полную степени спелости (Савельев В.А., 2021).

Оптимальной влагообеспеченностью считается выпадение осадков в период всходы – ёлочка не менее 100 мм, в период ёлочка – бутонизация не менее 300 мм. При этом влажность почвы в фазе «ёлочка» должна находиться на уровне 60% (Объедков М.Г., 1979). По данным Б.Ф. Карпунина (2015), при развитии растений льна более влажный период предпочтительней для вегетативных стадий «елочки» и быстрого роста (гидротермический коэффициент (ГТК) 1,6–1,8), а более сухой – для стадии цветения (ГТК 1,16).

Характерная особенность корневой системы льна-долгунца – наиболее густое расположение боковых корней 1-го порядка в верхней части главного корня.

Поэтому основная масса корней располагается в верхнем слое почвы, из которой питательные вещества поступают в надземную часть растения. Этим объясняется плохая способность корней льна усваивать элементы питания из более глубоких ее слоев (Шиндин А.П., 2012). Корневая система льна-долгунца развита слабо и составляет около 8–10% массы растения, до 80 % корней располагается в пахотном слое, а 10–15 % – в слое 20–40 см (Дюев И.Ф., 1973; Кошелева Л.Л., 1980).

Многочисленными исследованиями детально установлены детальные требования льна-долгунца к почвам. Под лен пригодны минеральные легко или средне-суглинистые почвы с содержанием гумуса 1,7 % и выше, оптимальной реакцией почвенного раствора на более тяжёлых по гранулометрическому составу почвах считается $pH = 6,0–6,7$, на более лёгких – $5,5–6,0$, со средней и выше обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия, без признаков переувлажнения и оглеения (Васин В.Г., 2009; Гаркуша С.В., 2011).

Лён-долгунец требователен к содержанию в почве подвижных форм алюминия, марганца и железа; относится к высокочувствительным культурам по отношению к марганцу и бору (Авдонин Н. С., 1965; Вильдфлуш И.Р., 2011; Лапа В.В., 2007).

1.3. Органоминеральное питание льна-долгунца

При недостатке азота рост всех органов льна задерживается, нижние листья желтеют и опадают, плоды имеют меньшие размеры. Избыток азота усиливает у льна полегание, является причиной плохой формы и рыхлого расположения волокон и лубяных пучков, волокно получается жестким, легковесным, с недостаточной прочностью (Ториков Е.В., 2022; Суков А.А., 2016). Избыточное внесение минерального азота также тормозит микробно-растительные взаимодействия. По причине энергетических затрат на использование азота в питании растению выгоднее потреблять минеральный азот, чем ассоциативный или симбиотический (Воробейков В.А., 2011; Тиханович Ю.В., 2005). После клевера и других бобовых культур

под лен сокращают дозы азота, но возрастает потребность в фосфоре и калии (Самсонова Н.Е., 2021).

При недостатке фосфора приостанавливается рост корней и стебля льна, снижается урожай семян. Из фосфорных удобрений, внесенных непосредственно под лен, растения могут забирать из почвы лишь 10–25% действующего вещества. Невысокие коэффициенты использования льном фосфора вызывают значительную потребность этой культуры в фосфорных удобрениях (Петрова Л.И., 1975). Фосфор благоприятно действует на анатомическое строение элементарных и лубяных пучков, улучшает рост корневой системы, способствует ускоренному созреванию семян и волокна, а также создает хорошие условия для развития в ризосфере растений полезных микроорганизмов (Шаманин В.П., 2017; Федотов С.В., 2022).

По данным В. Я. Тихомировой (2010), при ежегодном внесении фосфора и калия в льняном севообороте с интенсивностью баланса 100 и 150% соответственно способствует повышению выхода льноволокна и его урожайности на 15% даже в неблагоприятных погодных условиях. Результаты обобщения полевых опытов ЛНИИСХ в Северо-Западном регионе России свидетельствуют, что достоверные прибавки урожайности льносоломы фосфорные удобрения дают только на почвах с содержанием подвижного фосфора менее 100 мг/кг почвы в диапазоне доз 30–60 кг P_2O_5 /га (Небольсин А.Н. и др., 2003).

Недостаток калия ослабляет образование волокнистых веществ, понижает устойчивость растений в период роста к возбудителям грибных заболеваний, снижает урожай волокна. Интенсивное поступление калия в период быстрого роста и бутонизации обеспечивает энергичный синтез углеводов, их передвижение из листьев в стебли, где они служат источником образования волокна. При достаточном обеспечении калием повышается обводненность растений льна, они лучше переносят засушливую погоду и приобретают устойчивость к полеганию, увеличивается продолжительность функционирования листового аппарата, количество элементарных волокон в пучках и количество волокнистых пучков в стебле, повышается прочность и тонины волокна (Петрова Л.И., 1975; Понажев В.П., 2014; Савельев В.А., 2021).

В настоящее время до 80 % площадей льна-долгунца размещаются на обедненных макро- и особенно микроэлементами почвах. Минеральные удобрения, содержащие азот, фосфор и калий, вносят в ограниченном количестве, микроэлементы практически не вносятся. Почти половина посевных площадей льна размещается на землях с неблагоприятными предшественниками – низкоурожайными зерновыми, засоренными многолетними травами длительного использования (Понажев В.П., 2014).

Важным фактором в формировании урожайности волокна льна является правильный подбор предшествующей культуры в севообороте. По данным опытов, проведенных в Северо-Западном округе, при посеве льна-долгунца после многолетних бобово-злаковых трав прибавка урожайности при внесении эквивалентных доз азота снижалась в 2-2,3 раза, а при посеве льна по зерновым предшественникам эффективность азотных удобрений снижалась при увеличении содержания гумуса в почве (Налиухин А.Н., 2015; Рысев Г.А., 2019).

В настоящее время сорт является наименее затратным средством повышения урожайности и качества продукции растениеводства. Полевые опыты, проведенные в различных почвенно-климатических условиях, свидетельствуют о важности адаптации сортов к конкретным условиям среды и неодинакового их поведения в разных агроклиматических зонах. В большинстве стран и регионов Европы, в Индии основным ограничивающим урожайность льнопродукции фактором являются погодные условия. Эксперименты, проведенные в Польше, показали, что засушливые условия приводили к снижению качества волокна (Корепанова Е.В., и др., 2021). Это актуально и для льноводства Нечерноземной зоны России (Goreeva V.N., et al, 2020).

Наиболее эффективным способом повышения урожайности и валового сбора волокна и семян льна является внедрение в производство новых высокоурожайных сортов и реализация их потенциала за счет совершенствования агротехнологий для конкретных почвенно-климатических условий региона (Жарких О.А., 2021; Agriculture Egypt, 2023).

Значение сорта особенно велико в странах с неблагоприятными почвенно-климатическими и погодными условиями. Чем хуже и разнообразнее естественные условия внешней среды, чем меньше возможностей их техногенной оптимизации; чем ниже пороги предельно допустимого техногенного насыщения агроэкосистем и агроландшафтов, тем выше роль генетически обусловленной способности сорта использовать благоприятные факторы внешней среды и противостоять действию абиотических и биотических стрессоров. Особую роль играет генетическая защищенность (в смысле «генотип доминирует над средой») доходообразующих признаков и свойств растений (Жученко А.А., 2009).

Исследования показали, что современные высокоурожайные сорта могут давать на 25–50% более высокие урожаи по сравнению с традиционными сортами, в зависимости от условий выращивания (Вавилов Н.И., 1960; Панников В.Д., 1980; Гуляев Г.В., 1987; Гончаров П.Л., 1997; Борисовец Т.В., 2000; Diederichsen & Richards, 2003; Сергеев К., 2011).

М. Н. Рысев и др. (2000), Hall et al. (2016) отмечают, что современные сорта льна-долгунца должны обладать полным набором хозяйственно-ценных признаков, соответствовать требованиям сельскохозяйственных производителей, демонстрировать высокую реакцию на удобрения и быть адаптированными к специфическим почвенно-климатическим условиям тех регионов, где они возделываются. При создании новых сортов с улучшенными характеристиками волокна необходимо использовать гибридизацию с образцами, обладающими высокой гибкостью волокна, при этом особое внимание следует уделять контролю прочности, волокнистости и другим агрономическим значимым параметрам (Куделич В.С., 1974; Дудина А.Н., 1978; Foulk et al., 2004).

В. Н. Ключкова (1963) отмечает, что вопросы скороспелости и засухоустойчивости особенно актуальны для выращивания льна на Среднем Урале. Вопрос скороспелости льна в России, который изучал Н. И. Вавилов в 1930-х годах, до сих пор остаётся нерешённым. Поэтому селекционеры уделяют большое внимание выведению скороспелых сортов. Эти сорта предъявляют относительно меньшие тре-

бования к плодородию почвы и более эффективно используют запасы зимне-весенней влаги в почве для получения урожая, чем сорта других групп спелости. В условиях Республики Беларусь было установлено, что раннеспелые сорта, посеянные в последнюю декаду апреля или в первые дни мая, позволяют завершить большинство уборочных работ комбайнами в конце июля — начале августа, а подъем соломы происходит в сентябре (Каргопольцев Л.Н., 1985; Хамутовский П.Р., 2005).

А. И. Капиноса (2009) отмечает, что возделывание раннеспелых сортов в Западной Сибири позволяет проводить уборку и расстил льносоломы в оптимальных условиях, способствует значительному увеличению выхода и улучшению качества длинного волокна.

Наличие в хозяйстве 2–3 сортов льна-долгунца позволяет организовать уборочный конвейер для производства как волокна, так и семян (Капинос А.И., 2009). Кроме того, использование нескольких сортов способствует не только повышению урожайности, но и обеспечивает стабильность производства, поскольку в различных агроклиматических условиях один сорт может проявлять более высокую продуктивность, тогда как в других условиях – другой (Носевич М.А., 2012; Амелин А.В., 2014; Williams et al., 2018).

При определении доз удобрений под лён-долгунец возникает ряд специфических трудностей, обусловленных такими особенностями биологии этой культуры, как невысокая поглощающая способность корневой системы, короткий период потребления питательных веществ, чувствительность растений к концентрации почвенного раствора и недостатку влаги (Объедков М.Г., 1979).

Доступные для льна питательные вещества почвы и внесенные удобрения оказывают большое влияние на морфологическое и анатомическое строение стебля, особенно на структуру лубяных пучков (Объедков М.Г., 1979). В связи с этим лён больше, чем любая другая культура, требует соблюдения доз и правильного соотношения элементов питания, равномерного распределения удобрений по площади. В местах, где их недостаточно, растения получают тонкими, низкорослыми, с небольшим количеством элементарных волокон невысокой прочности (Чудинова Ю.В., 2014). Удельный вынос питательных веществ на тонну льноволокна,

по данным различных источников, с небольшими колебаниями составляет около 80 кг N, 20-40 кг P₂O₅, 70 кг K₂O, 60 г бора, 65 г меди, 330 г марганца, 350 г цинка, 5 г кобальта и других элементов (Ходянкова С.Ф., 2008).

Следует отметить, что в разные фазы онтогенеза отмечено неравномерное потребление питательных веществ. Подавляющее большинство питательных веществ растения выносят за короткий период с начала роста до конца цветения: азота 70–84%, фосфора 67–80% и калия более 70% (Тихомирова В.Я., 2010). Критические периоды в потребности питательных веществ следующие: по азоту – от фазы елочки до бутонизации и к моменту полного цветения, по фосфору – от всходов до образования 10–12 листьев, по калию – в период бутонизации, когда в стеблях идет интенсивное образование волокна.

Положительно влияют на растения льна бор, медь, кобальт, молибден и цинк; у них повышается способность противостоять ряду неблагоприятных внешних условий: недостатку воды в почве, повышенным или пониженным температурам, поражению бактериальными и грибными заболеваниями (Объедков М.Г., 1979).

Е. В. Корепанова (2011) отмечает, что в условиях Среднего Предуралья исследования по изучению влияния предпосевной обработки семян микроудобрениями на фотосинтетическую деятельность растений льна-долгунца показали существенное увеличение площади листовой поверхности.

Высокую эффективность обеспечивают комплексные водорастворимые удобрения на хелатной основе, содержащие сбалансированное соотношение макро- и микроэлементов, они способствуют снижению содержания лигнина и пектиновых веществ в волокне, увеличению целлюлозы, следовательно, повышению качества волокна льна-долгунца (Денисенко А., 2020).

Многолетними опытами ВНИИЛ и практикой передовых льноводных колхозов доказано, что действие удобрений значительно повышается, если соблюдать сроки и способы их внесения, отвечающие биологическим особенностям льна, характеру применяемых удобрений и свойствам почвы. Лен хорошо реагирует на вне-

сение азотных удобрений непосредственно перед посевом весной, а внесение фосфорных и калийных удобрений должно быть организовано заблаговременно, с осени (Ториков Е.В., 2022).

Для получения хорошего урожая волокна растениям льна питательные вещества необходимы не только в определенной форме, но и в правильном соотношении. В европейской части Нечерноземья, где сосредоточено около 60% посевов льна, наиболее высокие урожаи получены при внесении полного минерального удобрения в соотношении 1:3:4 после бобовых и 1:2:2 по озимому предшественнику и картофелю. На почвах, богатых азотом, вносят полное минеральное удобрение в соотношении 1:3:4, на бедных – 1:2:2. На почвах с недостаточным содержанием азота оптимальным соотношением N: P: K является 1:2:2. На плодородных почвах доля азота уменьшается до 1:2:3 (Сорокина О.Ю., 2014).

Зависимость эффективности удобрений от погодных условий колеблется от 25 до 60 %. При достаточном и даже несколько избыточном увлажнении внесенный минеральный азот довольно быстро вымывается из корнеобитаемого слоя. За счет ассоциативных микроорганизмов, находящихся в ризосфере растений, обеспечивается оптимальный уровень минерального питания льна-долгунца (Суров В.В., 2018).

Н. Н. Кузьменко (2010) отмечает, что наибольшие потери гумуса наблюдаются в первых ротациях севооборота со льном, затем ежегодные потери уменьшаются. В то же время применение навоза в дозе 10 т/га не обеспечивает стабилизацию гумуса в почве, его содержание снижается с 1,8% (в начале 2-й ротации) до 1,4% к концу 7-й ротации севооборота. При минеральной системе удобрения содержание гумуса снижается на 0,6% по сравнению с исходной почвой.

Увеличение дозы удобрения азота приводит к увеличению производственных затрат и к загрязнению почвы и окружающей среды, поскольку вымывание нитратов в подземные воды является одним из наиболее важных загрязняющих веществ, возникающих в результате интенсивного использования минеральных удобрений, особенно азотных (Moreno et al., 1996; Bacon, 1995). Fagundes et al. (2007) и De Caram et al. (2007) отмечают, что использование минеральных удобрений

должно быть уменьшено и заменено органическими удобрениями, которые являются источником питательных веществ для растений и источником питания для микроорганизмов почвы.

Гуминовые удобрения и препараты, в отличие от минеральных удобрений, являются катализаторами биохимических процессов в почве, что обусловлено их стимулирующим воздействием на почвенные микроорганизмы. Одновременно с увеличением численности микроорганизмов усиливается и ферментативная активность почвы, что, в свою очередь, увеличивает подвижность питательных элементов почвы (Conrad et al., 1983; Дергачева М.И., 2003; Безуглова О.С. и др., 2016).

Гуминовые вещества способствуют росту, развитию и повышению продуктивности растений, а также их устойчивости к стрессам. Высокая биологическая активность гуминовых веществ, несомненно, играет важную роль как в обеспечении биологической продуктивности системы почва–растение, так и поддержании устойчивости к неблагоприятным воздействиям (Хан Д.В., 1969; Jackson, 2001; Папов А.И., 2004; Носевич М.А., 2023).

Гуминовые вещества оказывают влияние и на формирование различных тканей растений. В исследованиях Sladky Z Uber (1962) и А. И. Папова (2004) отмечено, что гумусовые кислоты в качестве подкормки эффективно влияют на развитие паренхимы, слабее – колленхимы и менее всего – склеренхимы. Более мощное развитие как палисадной паренхимы, так и проводящих пучков наблюдалось прежде всего в случае применения гумусовых кислот и их смеси. Гуминовые вещества значительно ускоряют рост и развитие почек растений (Prat S., 1962; Skarpa et al., 2008), положительно влияют на все фазы митотического цикла клеток и вызывают увеличение значений митотического индекса в 1,5 раза (Горовая А.И., 1983; Горовая А.И. и др., 1985).

По мнению Л. Н. Екатериной, Р. Х. Аляутдиновой, Л.В. Мотовилова (1986) и И. А. Мельника, В. Б. Ковалева, В. А. Костюка (1989), применение гуматов можно сочетать с различными агротехническими приемами, такими как полив, подкормка минеральными удобрениями, химическая обработка средствами защиты растений.

N. S. Shimanskaya, O. V. Savina, I. V. Uschapovskiy (2022) доказали положительный эффект совместного применения комплексных микроудобрений и гуматов в технологии выращивания льна-долгунца, при этом отмечен рост всех производственных показателей: выход соломы увеличивается на 11,6 %, семян – 24,8 %, тресты и всего волокна – 4,6-6,2 %, длинного волокна на 44 %.

М. А. Носевич (2023) отмечает, что в условиях Ленинградской области на дерново-карбонатных почвах при естественном увлажнении и инокуляции или при комбинированном использовании (инокуляция + опрыскивание) Лигногумата марок КАМ, КБМ и КБМ Супер БИО ежегодно можно получать стабильно высокую урожайность семян льна масличного сорта ЛМ 98 – на уровне 2,0 т/га.

1.4. Современное использование ассоциативных ризобактерий в технологии возделывания льна-долгунца

В технологиях возделывания особое внимание должно уделяться приемам, позволяющим снизить затраты на возделывания, уменьшить воздействие на биоценоз льна химических препаратов и обеспечивающим получение высоких урожаев качественной льнопродукции (Бобкова Е.Н., 2008).

Микробные биопрепараты – экономически выгодный и экологически чистый способ повышения продуктивности растений (Кожемяков А.П., 2015; Singh et al., 2021). Применение ассоциативной азотфиксации обладает значительной экономической и экологической ценностью. Данный процесс осуществляется преимущественно за счет энергии фотосинтеза, что способствует снижению потребления энергетических ресурсов. Являясь единственным экологически безопасным механизмом обогащения растений связанным азотом, он исключает возможность загрязнения почв, водных экосистем и атмосферы. (Семененко Н.Н., 1997; Al-Taey et al., 2018).

Экономический и экологический кризис, снижение качества продукции растениеводства, падение естественного плодородия почв обуславливают всевозрастающее внимание к биологическому земледелию, суть которого заключается в использовании потенциальных возможностей естественных экосистем, в частности микроорганизмов-азотфиксаторов (Сытников Д.М., 2012). Процесс получения и применения минеральных азотных удобрений чрезвычайно энергоемок: на него расходуется до 50% всей энергии АПК. Без использования дешевого и экологически безопасного биологического азота решить проблемы энергосбережения сложно (Емцев В.Т., 2015; Новохацкая Д.М., 2018).

Ассоциативные азотфиксирующие бактерии относятся к различным систематическим группам, широко распространённым в природе, причем место их обитания – корневая система растений. Обитание на корнях (ризосфера, ризоплана) обусловлено сложными взаимодействиями типа ассоциативного симбиоза. При благоприятных условиях ассоциации бактерии активно размножаются, фиксируют азот и синтезируют ростактивирующие вещества, что положительно сказывается на растениях (Емцев В.Т., 2015).

Микроорганизмы, усваивающие молекулярный азот атмосферы, – диязотрофы – имеют сходный биохимический механизм фиксации азота. Существуют две основные группы фиксирующих атмосферный азот микроорганизмов: вступающие в симбиоз с высшими растениями (роды бактерий *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mezorhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium*) и свободноживущие. Симбиотические азотфиксаторы усваивают молекулярный азот, только находясь в симбиозе с растением. Важное значение имеет симбиоз между клубеньковыми бактериями рода *Rhizobium* и бобовыми растениями (Новикова Н.И., 1996, Лысак В.В., 2007).

Ко второй группе относятся ассоциативные азотфиксаторы (роды бактерий *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Klebsiella*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Arthrobacter* и др.) и микроорганизмы, более приспособленные к свободному существованию в почве (роды бактерий *Clostridium*, *Azotobacter*, *Beijerinckia* и др.; азотфиксирующие фототрофные бактерии, цианобактерии) (*spp.*) (Podile et al., 2006; Лысак В. В., 2007).

В 1904 г. Л. Хилтнером было введено понятие «ризосфера». В настоящее время ризосферой считается пространство вокруг корня от 0 до 2–8 мм в диаметре (Нетрусов А.И. и др., 2004). Большинство ризосферных бактерий относятся к грамотрицательным микроорганизмам (Добровольская Т.Г., 2002). Под ризопланой обычно подразумевают поверхность корня, к которому непосредственно прикрепляются микроорганизмы. Многие микроорганизмы могут также колонизировать внутренние ткани корней растений, поэтому их называют эндофитными ризобактериями (Бирюкова О.В., 2001; Колесников О.В., 2012).

Хотя ассоциативные штаммы не обладают такой узкой специфичностью к видам растений, как клубеньковые бактерии при бобово-ризобияльном симбиозе, тем не менее далеко не каждый интродуцируемый штамм бактерий способен вступать в активную ассоциацию с любым видом и сортом растений. Известно, что формирование эффективной растительно-бактериальной ассоциации определяется не только количеством выделяемых растением в ризосферное пространство растворимых органических соединений (экссудатов), но и их качественным составом, влияющим на приживаемость и размножение штамма в ризосфере (Кравченко Л.В., 2000).

По этой причине можно говорить об относительной приуроченности штаммов бактериальных удобрений, изготовленных на основе стимулирующих рост ассоциативных ризобактерий, к определенным видам и даже сортам растений, имеющим специфические характеристики химических корневых выделений. Важной задачей остается подбор наиболее эффективного сочетания сорта растения и бактериального штамма, что играет основную роль в достижении максимального положительного эффекта. Вместе с тем успех инокуляции зависит и от многих других факторов, в том числе от почвенно-климатических и агротехнических условий, особенно от доз и форм минеральных удобрений (Воробейков Г.А., 2011).

В ризосфере, в отличие от свободной от корней почвы, доминируют грамотрицательные бактерии, причем преобладают флуоресцирующие бактерии рода *Pseudomonas*. Некоторые штаммы бактерий, такие как *Pseudomonas putida*, *P.*

fluorescens, *P. aureofaciens* (*chlororaphis*), *P. corrugata* и др., способствуют значительному улучшению роста и развития растений. В настоящее время бактерии, обладающие совокупностью полезных для растений свойств, принято обозначать как PGPR (от *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* – ризобактерии, способствующие росту растений). Исследования этой перспективной для практического использования группы ризобактерий вызывают большой интерес, чем обусловлено регулярное проведение международных симпозиумов по проблеме изучения и практического использования PGPR (Schroth M.N., 1982; Соколов М.С., 1993).

Все изученные к настоящему времени механизмы положительного влияния псевдомонад на растения можно условно разделить на два типа: 1) прямая или непосредственная стимуляция роста растений за счет синтеза различных метаболитов, полезных для растений; 2) опосредованная стимуляция роста растений за счет вытеснения и подавления развития почвенных фитопатогенов или микроорганизмов, угнетающих рост растений. К первому типу прежде всего можно отнести способность *Pseudomonas* синтезировать регуляторы роста растений и улучшать их фосфорное питание. Кроме того, некоторые штаммы псевдомонад способны к фиксации атмосферного азота и индукции у растений устойчивости к фитопатогенам.

В холодных климатических зонах в ризосфере растений азотфиксирующие псевдомонады доминируют над представителями других таксономических групп азотфиксаторов. Преимущество псевдомонад выражается в их холодоустойчивости, поскольку оптимальная температура для азотфиксации 14–20 °С. В то же время для процесса азотфиксации других ассоциативных diaзотрофов, как, например, бактерий рода *Azospirillum*, оптимальной температурой является 25 °С. Несмотря на ограниченную информацию о роли азотфиксации в стимуляции роста растений псевдомонадами и слабую интенсивность этого процесса у псевдомонад, можно сделать вывод, что ризобактерии *Pseudomonas* наряду с другими свободноживущими и ассоциативными diaзотрофами родов *Azotobacter*, *Bacillus*, *Klebsiella* и *Azospirillum* могут играть существенную роль как в ассоциативных, так и в симбиотических азотфиксирующих сообществах (Боронин А.М., 1998).

Обработка посевного материала, а также корней и проростков растений некоторыми штаммами *Pseudomonas* может существенно снижать пораженность растений фитопатогенами и увеличивать урожайность сельскохозяйственных культур. Использование таких штаммов в сельскохозяйственной практике, по мнению многих исследователей, уже в ближайшее время найдет широкое применение как прием современной агробιοтехнологии (Ермолаева Н.И., 1992; Glick B.R., 2014).

С. П. Костычевым (1925) была показана возможность инокулирования азотфиксаторов в прикорневую зону небобовых растений, что подтверждалось различными исследованиями с балансовым методом (например, опыт Прянишникова, опыт «вечная рожь» в Германии и др.) (Соловьев А.В. и др., 2011).

Для создания биопрепаратов отбираются штаммы микроорганизмов, обеспечивающие стабильное и максимально выраженное положительное влияние на растения. Эти микроорганизмы участвуют в азотфиксации, способствуют растворению труднодоступных соединений, укрепляют иммунитет растений и оказывают комплексное стимулирующее действие. Азотфиксирующие бактерии, используемые в биопрепаратах, должны не только повышать урожайность и улучшать качество продукции, но и сохранять естественное плодородие почвы, поддерживать экологический баланс и способствовать регулированию численности и активности полезной ризосферной микрофлоры возделываемых культур (Сытников Д.М., 2012).

Поиск микробных штаммов, способных формировать устойчивые симбиотические ассоциации с культурой льна-долгунца, и разработка на их основе новых микробных препаратов, способных индуцировать реакции неспецифической устойчивости льна ко многим болезням грибного, бактериального и вирусного происхождения – одна из наиболее актуальных и своевременных задач современной отечественной биотехнологии, а также перспективный ресурс для увеличения урожайности льна-долгунца и качества получаемой на его основе технической продукции (Терещенко Н.Н., Кравец А.В. и др., 2015).

В настоящее время в ряде институтов разработаны новые современные биологические препараты для сельского хозяйства. В них используются коллекции

штаммов микроорганизмов, в том числе ассоциативных diaзотрофов выделенные из различных регионов мира, таких как Россия, Нидерланды, Бельгия, Польша, Египет, Германия, Молдова, Украина, Беларусь, Швеция, Франция, Италия, Китай и другие страны (Емцев В.Т., 2015).

О положительном влиянии биологических препаратов на рост и развитие льна-долгунца отечественные ученые знали давно: Возняковская Ю.М. (1969), Смирнов В.В., Киприанова Е.А. (1990) в своих работах отмечали, что бактериальные препараты на основе ассоциативных азотфиксаторов способны стимулировать ростовые процессы растений за счёт синтеза бактериями биологически активных веществ – ауксинов, гиббереллинов, цитокининов, витаминов и др.

Использование ассоциативных азотфиксаторов и биофунгицидов вызывает увеличение технической длины стебля растений на 6,2–16,2%, усиливает рост корневой системы льна, дает прибавку сухой массы корней в вариантах с использованием биопрепаратов на 8–40%. Увеличение массы корневой системы льна при обработке бактериальными препаратами происходит за счёт активизации процессов клеточного деления в зоне поглощения корня, что приводит в целом к дифференциации большего числа эпидермальных клеток в корневые волоски и возрастающему количеству боковых корней. Повышение массы корневой системы льна положительно сказывается на её поглотительной способности, что создаёт условия для лучшей обеспеченности растений водой и минеральными элементами (Хмелевская И.А., 1997).

Инокуляция семян льна различными бактериальными штаммами ведёт к улучшению фосфорного питания, что может быть связано с увеличением массы подземных органов и способностью ассоциативных бактерий к мобилизации фосфора из труднорастворимых соединений. Накопление фосфора в надземных органах инокулированных растений увеличивается на 3–27%. При бактеризации семян процесс накопления основных минеральных элементов в надземной части растений льна заметно усиливается. Увеличение концентрации азота в инокулированных растениях по сравнению с контролем составляет 6–18%, фосфора – 7–20%, калия – 5–17% (Хмелевская И.А., 1997).

В своих работах В. Г. Сычев, П. Д. Бугаев, А. А. Козленко (2009) отмечают положительное влияние применения регуляторов роста на высоту растений, фотосинтетическую деятельность посевов, урожайность льносолемы, качество чесаного волокна.

Максимальную урожайность льносолемы обеспечивает применение биопрепаратов на фоне $N_{45}P_{45}K_{60}$ – 7,29 т/га, что на 0,57 т/га больше, чем в варианте без инокуляции (Чухина О.В., 2013).

При инокуляции семян льна биопрепаратами формируется более высокая густота стеблестоя: 1446–1448 шт./м² растений при соответствующем количестве на контроле 1360 шт./м² (Казанцев В.П., 2012).

При достаточном и даже несколько избыточном увлажнении внесенный минеральный азот довольно быстро вымывается из корнеобитаемого слоя (Чухина О.В., 2013). За счет ассоциативных микроорганизмов, находящихся в ризосфере растений, обеспечивается оптимальный уровень минерального питания льна-долгунца (Казанцев В.П., 2012).

Бактеризация семян льна *Pseudomonas sp.* снижает степень поражения растений фузариозом, увеличивает массу 1000 семян и высоту растений (Терещенко Н.Н., Кравец А.В., 2015).

Д. М. Новохацкая (2018) отмечает, что применение Агрофила способствует увеличению урожайности длинного волокна льна-долгунца на 25%, Мизорина – на 28%, препарата ПГ-5 – на 26%, а Флавобактерина – на 23%.

Таким образом, влияние применения органоминеральных удобрений и действие ассоциативных ризобактерий на урожайность и качество волокна льна-долгунца в Ленинградской области изучены недостаточно. В обзоре научной литературы в большей степени отражены вопросы действия различных штаммов микроорганизмов, минеральных удобрений и в меньшей степени влияния гуматов на рост и развитие полевых культур.

С одной стороны, ассоциативные ризобактерии способны подавлять развитие фитопатогенов в ризосфере растений и стимулировать рост растений льна-долгунца, с другой – применение органоминеральных удобрений, сочетающих лучшие

качества органических и минеральных компонентов, способствует повышению урожайности, усилению иммунитета растений, повышению устойчивости культуры к температурным перепадам и неравномерному распределению влаги в почве, улучшению качества продукции, т. е. является важным агротехническим приемом для получения тонкостебельного льна. В таких агроценозах ассоциативные ризобактерии и органоминеральные удобрения обеспечивают лучшее минеральное питание и ускоряют процессы созревания, в результате этого повышается коэффициент адаптации сортов к среде выращивания. Сочетание двух факторов приведет к эффективному и ограниченному использованию минеральных удобрений и средств защиты растений, что поспособствует повышению устойчивости и адаптации растений к неблагоприятным агроклиматическим условиям и антропогенным воздействиям. Данный агроприем может стать эффективным решением экологических проблем.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Объекты исследований

В качестве объектов 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) (0,005%–50 ppm), штаммы ассоциативных ризобактерий: *Pseudomonas* sp. штамм 17–1 и *Flavobacterium* sp. штамм 30.

Сорт Зарянка – раннеспелый, включен в Госреестр по Северо-Западному (2) региону с 2004 г. Оригинатор сорта: Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт льна». Сорт голубоцветковый, созревает на 8–18 суток раньше среднеспелых сортов. Обеспечивает получение 0,75 т/га льносемян и 1,74 т/га льноволокна. Высоковолокнистый, содержание льноволокна в стебле – 27,5%. Волокно обладает высокими прядильными свойствами, ускоренной и равномерной вылежкой льнотресты по длине стебля. Сорт обладает повышенной адаптивностью к неблагоприятным эдафическим факторам среды, комплексно устойчив к ржавчине, фузариозному увяданию и полеганию (Новохацкая Д.М, 2018).

Сорт Квартет – раннеспелый, включен в Госреестр по Северо-Западному региону и Волго-Вятскому с 2017 г. Масса 1000 семян 5,1 г. Вегетационный период 67–76 дней. Обеспечивает получение 0,84 т/га льносемян и 2,02 т/га льноволокна. Высоковолокнистый, содержание льноволокна в стебле – 37,5%. Волокно обладает высокими прядильными свойствами, ускоренной и равномерной вылежкой льнотресты по длине стебля. Сорт обладает повышенной адаптивностью к неблагопри-

ятым эдафическим факторам среды, комплексно устойчив к ржавчине –100 %, фузариозному увяданию – 95 % и к полеганию –4,8 балла (Особенности агротехнических приемов возделывания нового сорта льна-долгунца Квартет, 2018).

Сорт Пересвет – раннеспелый, включен в Госреестр по Северо-Западному региону и Волго-Вятскому с 2015 г. Масса 1000 семян 5,15 г. Вегетационный период 70 дней. Обеспечивает получение 1,02 т/га льносемян и 2,04 т/га льноволокна. Высоковолокнистый, содержание льноволокна в стебле – 34,8%. Волокно обладает высокими прядильными свойствами, ускоренной и равномерной вылежкой льно-тресты по длине стебля. Сорт обладает повышенной адаптивностью к неблагоприятным эдафическим факторам среды, комплексно устойчив к ржавчине – 100 %, фузариозному увяданию – 97 % и полеганию –4,6 балла (Агротехника нового сорта льна-долгунца "Пересвет", 2017).

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

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 (Шарова Н.Ю. и др., 2019). Экстракт вносился разово при посеве семян льна-долгунца в дозе 50 ppm (0,005%) – 5 л/га. Данная концентрация была выбрана на основании рекомендаций производителя УДГСС.

Pseudomonas sp. штамм 17–1 – мелкие короткие палочки (0,7–1,2 на 1,8–2,4 мкм) образуют беловатые колонии, продуцирующие желто-зеленый флуоресцирующий пигмент на среде Кинга-В. Использует органические и минеральные источники азота. Штамм 17–1 проявляет высокую ростостимулирующую эффективность

при инокуляции семян и обработке вегетирующих растений зерновых культур, обладает высокой антифунгальной активностью по отношению к спектру фитопатогенных грибов (Кожемяков А.П., 2015).

Flavobacterium sp. L-30 – грамотрицательные палочки, размер $1,4\text{--}2,5 \times 0,5\text{--}1,0$ мкм, колонии круглые, жёлто-оранжевые, гладкие, блестящие, диаметр 2–5 мм на МПА. Облигатный аэроб, чувствителен к NaCl выше 2%. Стимулирует рост растений, подавляет фитопатогенов, выделяет жёлтый пигмент, безопасен, не патогенен и перспективен для биоремедиации (Кожемяков А.П., 2015).

Бактерии продуцируют высокоактивный антибиотик «флавоцин» с широким спектром действия на фитопатогенные грибы и бактерии, снижают развитие корневых гнилей от 3 до 20 раз, антракноза в 1,5–3 раза, фитофтороза и парши в 2–6 раз, улучшают минеральное и водное питание растений, повышают устойчивость к болезням, ускоряют получение ранней продукции, повышают урожай, сокращают в продукции количество нитратов (Новохацкая Д.М., 2018).

2.2. Почвенные и агрометеорологические условия в годы проведения исследований

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 окрашена 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).

Погодные данные за годы исследований предоставлены Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в Пушкинском районе, станция Пушкин, СПбГАУ, и представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

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 была выше на 3,5 и 3,2 °С по сравнению со среднегодовым значением соответственно, что существенно повлияло на рост, развитие и формирование стебля льна-долгунца.

В первой половине июня складывались засушливые условия для льна, так как за первые две декады выпало всего 1,6 мм осадков, что составляет 4,6 % от нормы (таблица 1). Обилием осадков отличался август, когда за месяц выпало 166,3 мм осадков, при норме 74,2 мм. Средняя температура воздуха была на уровне 15,2 °С.

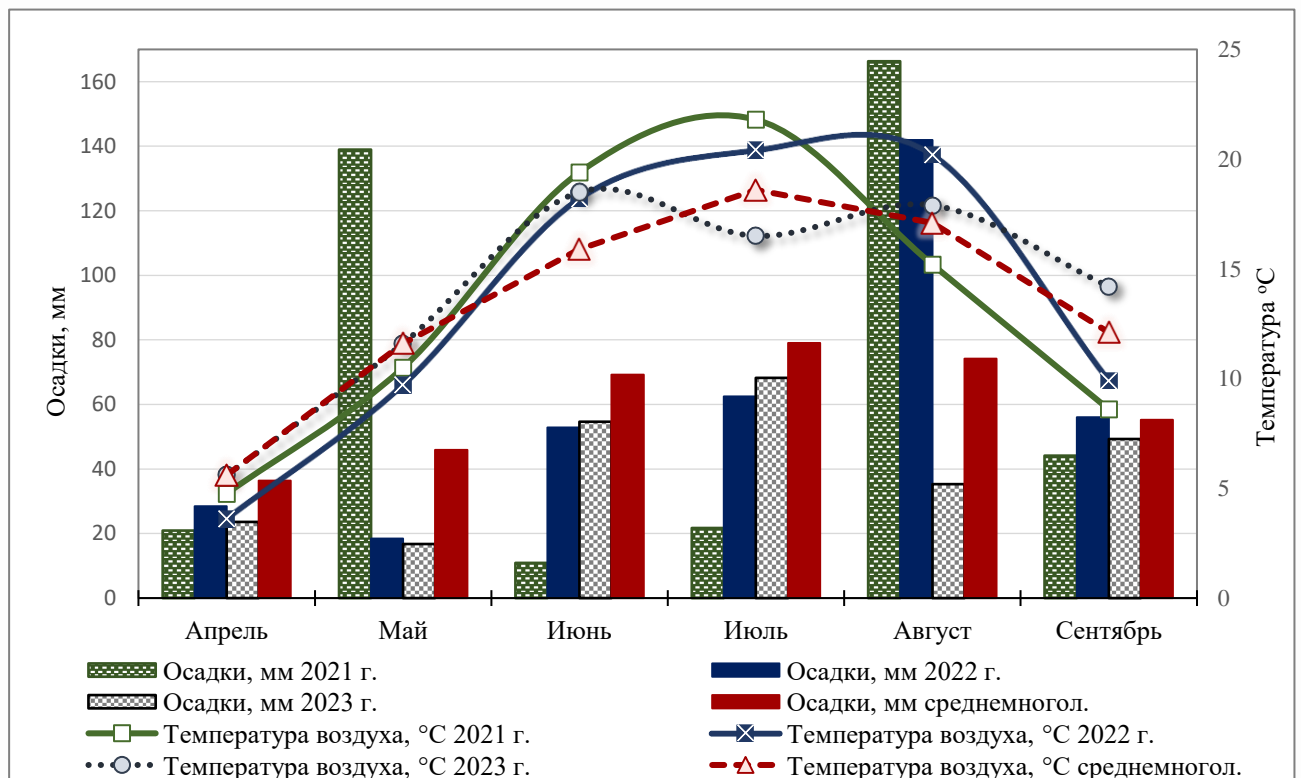


Рисунок 1 – Среднемесячная температура воздуха (°C) и распределение атмосферных осадков (мм) за вегетационный период льна-долгунца в 2021–2023 гг. (Составлен на основании данных метеостанции г. Пушкин)

Таблица 1 – Динамика метеорологических условий вегетационного периода льна-долгунца за 2021–2023 гг.

	Апрель				Май				Июнь				Июль				Август				Сентябрь			
	декада			за месяц	декада			за месяц	декада			за месяц	декада			за месяц	декада			за месяц				
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
Среднее за 1991–2020 гг.																								
Температура, С°	3,4	5,3	8,0	5,6	9,9	11,5	13,2	11,6	14,8	16,1	16,7	15,9	17,8	18,7	19,1	18,6	18,4	17,0	15,9	17,1	14,1	12,0	10,3	12,1
Осадки,мм	9,7	14,7	12,0	36,4	12,5	13,1	20,3	45,9	21,2	21,7	26,3	69,2	20,3	31,3	27,4	79,0	17,4	22,5	34,2	74,2	20,7	18,6	15,9	55,2
2021 г.																								
Температура, С°	2,6	7,3	4,4	4,8	4,6	16,8	10,3	10,5	16,0	18,8	23,5	19,4	22,5	24,2	18,8	21,8	16,5	16,9	12,5	15,2	10,6	8,1	7,0	8,6
Осадки,мм	3,9	0,4	16,6	20,9	52,2	50,2	36,6	139,0	0,0	1,6	9,3	10,9	0,0	0,0	21,7	21,7	82,8	12,4	71,1	166,3	27,1	9,7	7,3	14,1
2022 г.																								
Температура, С°	1,0	4,6	5,0	3,6	7,8	9,5	11,5	9,7	16,2	16,5	22,0	18,2	22,4	18,2	20,5	20,4	18,8	22,2	19,7	20,2	8,9	11,5	9,2	9,9
Осадки,мм	16,9	0,8	10,8	28,8	4,4	6,7	7,3	18,4	26,0	26,9	0,0	52,9	5,4	43,8	13,3	62,5	79,0	0,0	62,9	141,9	19,8	27,0	9,2	56,0
2023 г.																								
Температура, С°	1,2	5,7	9,9	5,6	6,0	13,7	14,9	11,6	12,6	19,8	22,9	18,5	15,8	16,9	16,3	16,3	20,3	18,3	15,3	17,9	14,6	13,6	14,4	14,2
Осадки,мм	17,3	0,6	5,7	23,6	4,7	2,7	9,4	16,8	3,1	0,0	51,5	54,6	23,0	17,2	28,0	68,2	17,0	3,1	15,2	35,3	19,2	16,2	13,9	49,3

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 засушливый.

В 2022 г. устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °С отмечен 14 марта, через +5 °С – 11 апреля, а через +10 °С – 23 апреля.

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. Все это обусловило появление дружных всходов льна-долгунца на 11-е (у сортов Квартет и Пересвет) и 14-е сутки (сорт Зарянка).

Средняя температура мая была ниже нормы на 1,6 °С и составила 9,7 °С, осадков выпало 18,4 мм, что ниже на 62,4 % среднемноголетнего значения. С 11 по 24 мая практически не было атмосферных осадков, только с 25 мая наблюдалось выпадение дождей, которые местами имели ливневый характер. В целом гидротермический коэффициент мая месяца находился на уровне 0,99, что характеризует условия как засушливые.

Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 15 °С (фенологическое лето) отмечен 1 июня. Температура воздуха в июне превысила среднемноголетнее значение на 2,3 °С и составила 18,2 °С. В июле и августе отмечена такая же тенденция по этому показателю, где превышение среднемноголетней температуры воздуха составило 2,5 и 3,2 °С соответственно (20,4 и 20,2°С). В дальнейшем (сентябрь) температура воздуха понизилась до 9,9 °С, что ниже нормы на 2,0 °С.

Анализируя влагообеспеченность культуры с июня по сентябрь месяцы, можно отметить дефицит осадков, за исключением августа, когда выпало 141,9 мм осадков, что превышает норму в 2 раза или на 198%. В дальнейшем этот фактор повлиял на вылежку тресты и качество волокна.

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. вторая и третья декады мая были теплыми, средняя температура воздуха была на уровне 14–15 °С. Однако осадков выпало меньше нормы, что облегчило качественную борьбу с сорной растительностью.

Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 15 °С (фенологическое лето) отмечен 18 мая.

Температура воздуха в июне превысила среднемноголетнее значение на 2,6 °С и составила 18,5°С. В июле месяце температура воздуха понизилась до 16,5 °С, что ниже нормы на 2,1 °С. В августе и сентябре месяце отмечено превышение температуры воздуха на 0,8 и 2,1 °С (17,9 и 14,2°С) по сравнению со среднемноголетним показателем соответственно.

Анализируя влагообеспеченность культуры с июня по сентябрь, можно отметить дефицит осадков по всем месяцам: в июне дефицит осадков составил 14,6 (79 % от нормы), в июле – 10,8 (86 % от нормы) и в августе – 38,9 мм (48 % от нормы).

Сумма активных температур и осадков для 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 изучаемой культуры как засушливый.

2.3. Методы проведения исследований

Исследования по теме диссертационной работы проводились на малом опытном поле кафедры растениеводства им. И.А. Стебута ФГБОУ ВО СПбГАУ с 2021 по 2023 г. 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 гуматов и ассоциативных ризобактерий имел 9 градаций: 1) семена перед посевом обработаны водой (Контроль+H₂O); 2) применение органоминеральных удобрений (гуматы), экстракт вносился при посеве льна в дозе 50 ppm (0,005%); 3) N₁₀P₂₀K₄₀+гуматы; 4) инокуляция семян *Pseudomonas*; 5) инокуляция семян *Flavobacterium*; 6) N₁₀P₂₀K₄₀ + *Pseudomonas*; 7) N₁₀P₂₀K₄₀ + *Flavobacterium*; 8) Гуматы + *Pseudomonas*; 9) Гуматы + *Flavobacterium*.

Опыт размещен методом организованных повторений, варианты в повторениях – рендомизировано. Площадь опытной и учетной делянки 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 – мочевины (46% N), фосфорные – простой суперфосфат (20% P₂O₅) и калийные – калий хлористый (60% K₂O).

Жидкие бактериальные препараты предоставлены лабораторией экологии симбиотических и ассоциативных микроорганизмов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» (ФГБНУ ВНИИСХМ) (г. Пушкин). Семена льна обрабатывались культуральной жидкостью бактерий с концентрацией жизнеспособных клеток 10⁹ КОЕ/мл в норме расхода 0,02 мл/10 г семян.

Посев льна проводили вручную при наступлении физической спелости почвы 13 мая в 2021 г., 2 мая в 2022 г. (рисунок 2) 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 ёлочка. 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) (рисунок 3, 4), в 2022 г. – 5, 7 и 14 августа (подъем тресты – 15 сентября); в 2023 г. – 12, 13 и 14 августа (подъем тресты 23 сентября).

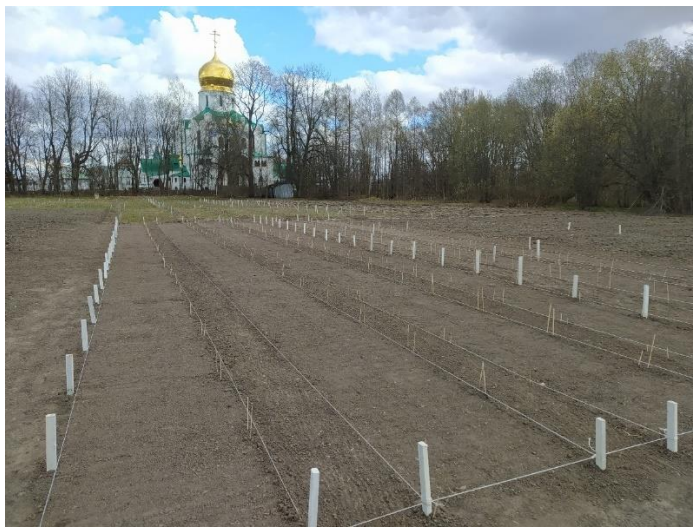


Рисунок 2 – Закладка микрополевых опытов 2 мая 2022 г. (Фото М.А. Носевич)

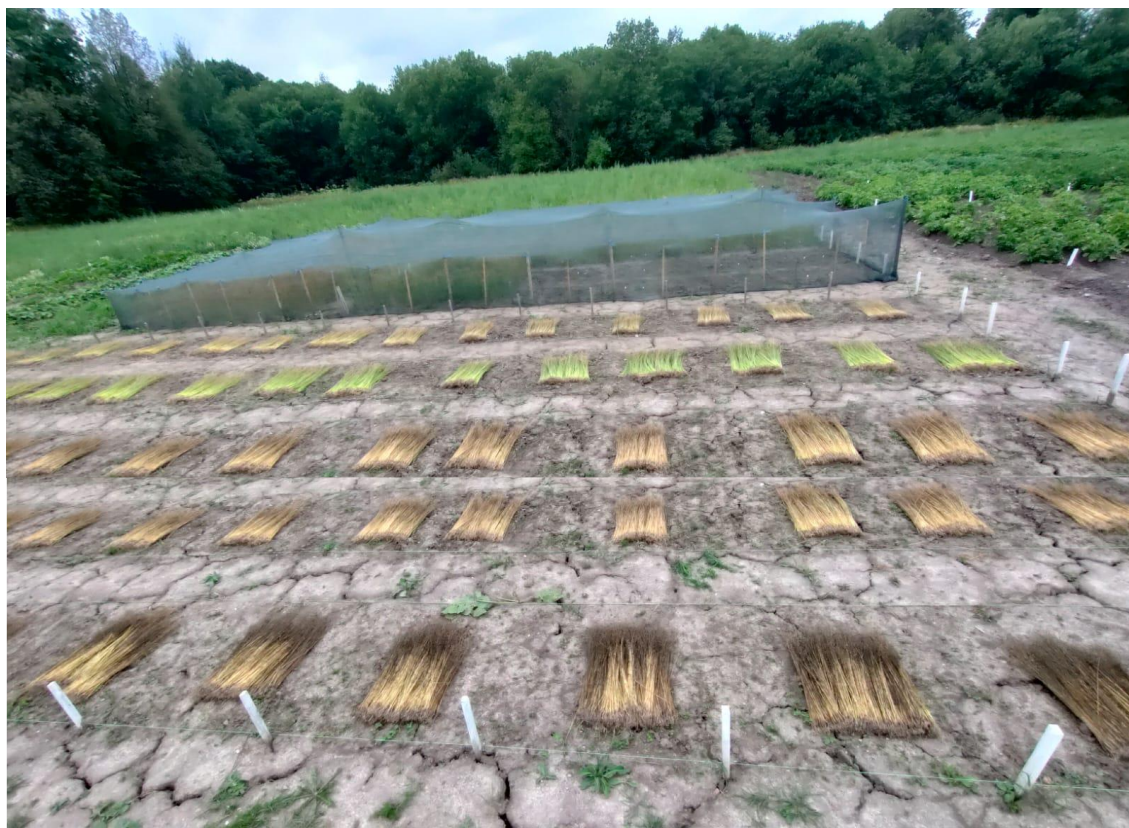


Рисунок 3 – Вылежка тресты, август 2021 г. (Фото М.А. Носевич)

Во время роста и развития льна-долгунца были проведены учёты и наблюдения в соответствии с рекомендациями ВНИИ льна (1980).

1. 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);



Рисунок 4 – Подъем тресты, 30 августа 2021 г. (Фото М.А. Носевич)

- ✓ 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).

2. Оценка погодных условий в течение вегетационного периода культуры проводилась с использованием гидротермического коэффициента (ГТК), который определяется как отношение суммы осадков к сумме активных температур за тот же период, уменьшенной в 10 раз (Лосев А.П., 1994). Значения ГТК рассчитывались для каждого изучаемого сорта.

3. Определение полевой всхожести семян и сохраняемости растений перед уборкой (Методические указания по проведению..., 1978).

4. Фенологические наблюдения за ростом растений проводили от посева до уборки по всем вариантам опыта (Методические указания по проведению..., 1978).

5. Определение структуры урожая: перед уборкой с пробных площадок, выделенных для учета густоты стояния растений, брали образцы. Лен выдергивали с корнями, 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 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.

После измерения указанных показателей все растения объединяли, обмолачивали и взвешивали льносолому.

6. Урожайность льна-долгунца определяли на основе средней массы льносолумы. 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 волоконцев в навеске. В отчетных таблицах вместо метрического номера (тонины) принято указывать линейную плотность (толщину) в тексах (текс – сокращение слова «текстильный»). Линейная плотность (толщина) $L_p = 1000/T$, где T – тонина.

Обобщающим показателем качества волокна является ОРНр (относительная разрывная нагрузка расчетная), которую вычисляют по формуле: $ОРНр = 0,2P + 0,10Г + 13/L_p + 2,1$, 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».

7. Полученные экспериментальные данные обрабатывали с помощью программы Excel. Достоверность различий между вариантами определяли методом дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова (1985). Корреляционный анализ проводили на основе методических рекомендаций А.М. Валге (2010).

8. Экономическую оценку изучаемых элементов технологии проводили на основе разработанной технологической карты возделывания льна-долгунца (Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы, 2010).

ГЛАВА 3. УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПРИ ПРИПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

3.1. Полевая всхожесть, рост и сохраняемость растений льна-долгунца к уборке

Адаптация сортов различных сельскохозяйственных культур является одним из важнейших свойств, характеризующих их пригодность для возделывания в различных зонах страны, а также при разработке технологии возделывания. Изучали адаптацию сортов на зерновых культурах в середине прошлого века И. М. Коданёв (1974), К. Н. Годунова (1977) и В. Т. Васько (1988).

Показателями адаптивности посевов могут служить: полевая всхожесть, сохраняемость и коэффициент адаптации (K_a). Под сохраняемостью обычно понимают отношение числа сохранившихся к уборке растений к числу взошедших, выраженное в процентах. За коэффициент адаптации принимается отношение числа сохранившихся к уборке растений к числу высеянных всхожих семян, выраженное в процентах. Этот коэффициент показывает степень приспособляемости растений от появления всходов до уборки, включая полевую всхожесть и сохраняемость (Васько В.Т., 2017).

Полевая всхожесть и сохраняемость растений льна в эксперименте в большей степени зависели от метеорологических условий в годы проведения опытов, припосевной обработки семян, и в меньшей – от сорта (таблицы 2, таблицы приложения А1-А4).

Полевая всхожесть в 2021 г. была выше на 4–37 и 3–41% по сравнению с 2022 г. и 2023 г. соответственно. В первый год исследований количество взошедших растений насчитывалось от 1184 до 2120 шт./м², на второй – от 1102 до 1756 шт./м² и

на третий – от 1021 до 1839 шт./м² (таблицы А1–А4). Это связано с погодными условиями, сложившимися в период от посева до всходов.

Таблица 2 – Динамика полевой всхожести и сохраняемости растений льна-долгунца в зависимости от припосевной обработки семян за 2021–2023 гг. *

Вариант	2021 г.			2022 г.			2023 г.		
	За- рянка	Квар- тет	Пере- свет	За- рянка	Квар- тет	Пере- свет	За- рянка	Квар- тет	Пере- свет
Полевая всхожесть, %									
Контроль	69,0	84,3	87,7	62,4	71,2	64,9	46,4	65,7	58,5
Контроль+Н ₂ О	79,2	92,1	96,4	79,6	71,3	61,0	56,7	76,0	69,5
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	70,4	69,6	65,0	59,6	59,5	55,2	53,3	53,8	57,9
N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	78,9	81,9	69,1	58,9	62,7	55,4	48,0	58,8	61,9
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	53,8	62,5	58,5	50,1	57,3	56,0	46,4	55,2	52,5
Гуматы	82,4	85,9	95,1	74,2	74,1	78,4	51,6	83,6	74,1
<i>Pseudomonas</i>	86,3	83,4	73,7	76,0	74,2	69,4	51,3	68,4	66,3
<i>Flavobacterium</i>	82,5	83,8	76,4	66,3	78,7	70,0	60,8	80,1	70,1
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	83,9	80,7	65,7	66,2	60,3	56,4	51,2	67,6	50,1
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	80,1	79,9	84,5	62,5	61,7	65,9	49,1	75,8	50,7
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterium</i>	73,3	86,3	81,1	76,6	66,0	62,6	54,1	61,6	57,3
Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	92,0	86,0	85,2	79,8	66,6	64,3	67,0	73,8	66,0
Гуматы+ <i>Flavobacterium</i>	79,0	91,3	93,9	70,7	74,5	69,0	66,3	77,1	72,1
Сохраняемость, %									
Контроль	84,7	86,9	91,0	73,9	76,1	73,9	70,2	78,8	74,9
Контроль+Н ₂ О	87,1	89,5	96,3	87,2	83,1	83,5	82,3	87,1	79,5
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	85,7	82,9	85,9	60,6	68,0	65,1	67,1	79,7	79,6
N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	87,9	86,6	84,9	75,2	67,1	73,7	71,4	72,4	73,0
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	74,9	80,4	78,5	67,4	65,1	67,3	60,8	64,6	68,4
Гуматы	89,3	95,2	94,4	82,1	84,5	80,1	80,5	82,2	83,6
<i>Pseudomonas</i>	87,1	86,6	85,1	86,1	84,9	80,9	83,0	85,4	84,2
<i>Flavobacterium</i>	87,2	85,3	88,2	82,5	85,7	78,3	73,9	83,8	79,1
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	86,3	86,2	87,5	59,0	78,2	68,5	65,8	85,0	81,8
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	84,8	87,7	87,7	56,3	76,4	72,0	64,2	80,4	82,2
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterium</i>	80,4	86,4	84,0	70,1	78,1	70,1	69,6	79,0	78,0
Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	91,3	87,4	88,8	82,3	80,9	79,6	74,6	89,3	84,2
Гуматы+ <i>Flavobacterium</i>	91,0	96,5	93,0	78,8	75,8	79,9	76,5	79,6	79,7

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

В среднем за три года при увеличении дозы минеральных удобрений с N₁₀P₂₀K₄₀ до N₃₀P₆₀K₉₀ у всех сортов наблюдали понижение с 59–68 до 50–58 % полевой всхожести. Комбинированное использование минеральных удобрений с гу-

матами и ассоциативными ризобактериями способствует снижению напряженности этого негативного явления, увеличивая полевую всхожесть на 3–13 % (с 59–61 до 64–72%) (рисунок 5).

Достоверно лучшим вариантом по полевой всхожести 72,9 % является Квартет при НСР₀₅ 2,8 %, у сорта Пересвет этот показатель был ниже на 4,5 % и составил 68,4 %, а сорт Зарянка отмечен как достоверно худший – 66,6 %.

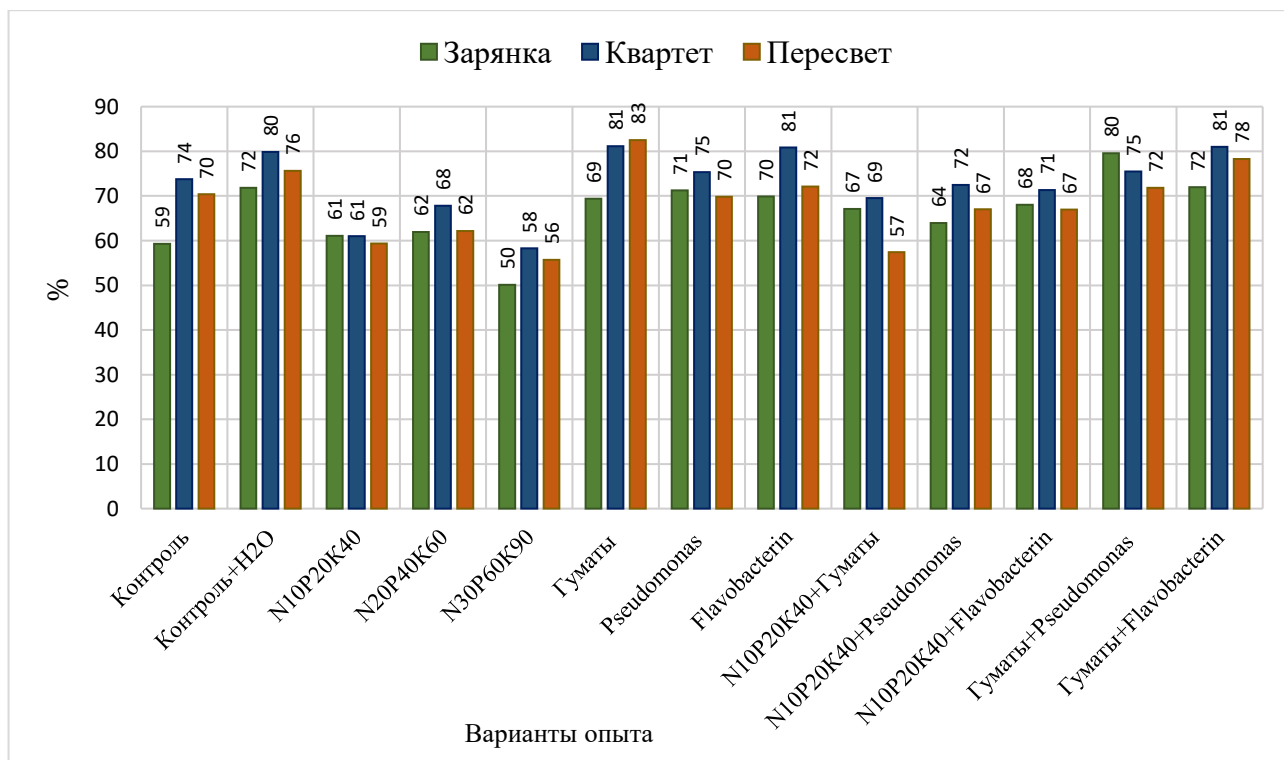


Рисунок 5 – Полевая всхожесть семян льна-долгунца в зависимости от сортовых особенностей, применения минеральных, органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, % в среднем за 2021–2023 гг.*

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

Наиболее перспективными приемами предпосевной обработки семян, достоверно повышающими их полевую всхожесть, являются: применение гуматов – 77,7, обработка семян ассоциативными штаммами *Pseudomonas* и *Flavobacterium* – 72,1 и 74,3, совместное применение гуматы + *Pseudomonas* и гуматы + *Pseudomonas* – 75,6 и 77,1 % при НСР₀₅ 5,9 % соответственно.

По вариантам опыта отмечен положительный эффект у сорта Зарянка от совместного применения гуматов и ризобактерий *Pseudomonas*, где полевая всхожесть

составила 79,6 %; у сорта Пересвет одинаковый уровень 75,7, 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 при НСР₀₅ 10,1 %: 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 %).

Рассматривая сохраняемость в динамике, можно отметить, что в 2021 г. в вариантах от совместного применения гуматов и ассоциативных ризобактерий она повышалась на 3–7 % у сортов Зарянка и Квартет, а в 2022 г. при применении ризобактерий у сорта Квартет была выше на 0,2–2,6 % (таблица 2).

В 2023 г. в контрольных вариантах у сортов Зарянка и Квартет сохраняемость отмечена выше на 2–18 % по сравнению с вариантами, где семена перед посевом обрабатывались ризобактериями и применялись органоминеральные удобрения.

За годы проведения опыта и в среднем за три года сохраняемость растений льна к уборке в большей степени зависела от изучаемых припосевных приемов обработки семян (и их взаимодействия с сортом), на долю которых приходилось: в 2021 г. – 72,4 %, в 2022 г. – 81,4 % и в 2023 г. – 62,7 % (таблица 4).

Самая высокая сохраняемость в среднем за три года на уровне 82 и 81 % отмечена у сортов Квартет и Пересвет, а у сорта Зарянка на 3–4 % ниже (77,4%) при НСР₀₅ 1,3 %. Отмечено, что увеличение доз минеральных удобрений приводит 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 6). 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 результатам эксперимента отмечены достоверно лучшие способы припосевной обработки семян по сохраняемости отмечены: применение гуматов – 85,8,

обработка семян ассоциативными штаммами *Pseudomonas* – 84,8, совместное применение гуматы + *Pseudomonas* и гуматы + *Flavobacterium* – 84,3 и 83,4 % при НСР₀₅ 2,8 % соответственно.

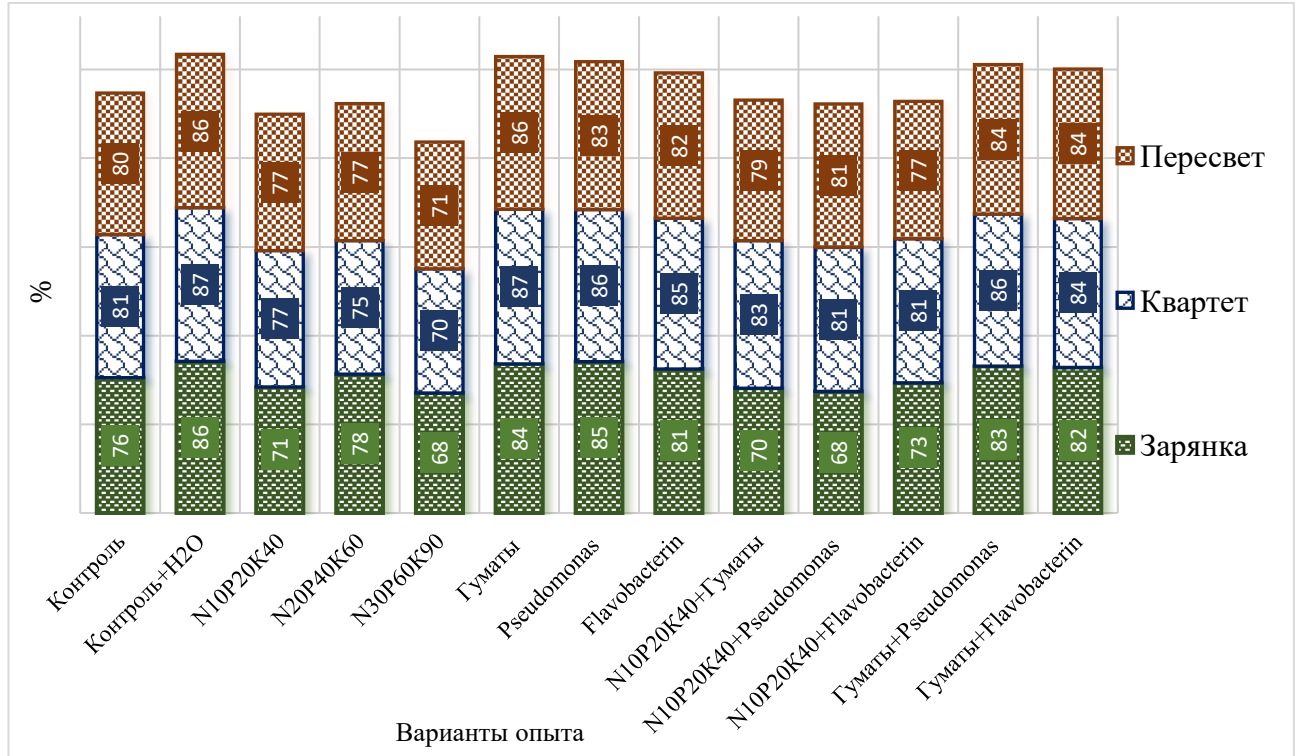


Рисунок 6 – Сохраняемость растений льна-долгунца в зависимости от сортовых особенностей, применения минеральных, органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, в среднем за 2021–2023 гг., % *

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

В среднем за три года выявлены достоверно лучшие варианты по сохраняемости растений льна к уборке: у сорта Зарянка контрольный вариант с водой – 85,5, гуматы – 84,0, ризобактерии *Pseudomonas* – 85,4 и комплексное использование гуматов с *Pseudomonas* – 82,6 % при НСР₀₅ – 4,8 %; у сорта Пересвет были получены показатели одного уровня в пяти следующих вариантах: контроль с водой (86,5 %), гуматы (86,1 %), ризобактерии *Pseudomonas* (83,4%), комплексное использование гуматов с *Pseudomonas* (84,2 %) и с *Flavobacterium* (84,2 %); такого же уровня значения у сорта Квартет отметили в вариантах – контроль с водой (86,5 %), гуматы (87,3 %), N₁₀P₂₀K₄₀ + гуматы (83,1 %), ризобактерии *Pseudomonas* (85,6 %), ризобактерии *Flavobacterium* (85,0 %), гуматы + *Pseudomonas* (85,9 %) и гуматы + *Flavobacterium* (84,0 %).

Коэффициент адаптации при возделывании льна-долгунца меньше связан с сортовыми особенностями, а в большей степени обусловлен припосевной обработкой семян и метеорологическими условиями, складывающимися во время вегетации (таблицы 3, 4). Наибольший показатель *Ka* отмечен в 2021 г., а самый низкий в 2023 г.

Таблица 3 – Коэффициент адаптации растений льна-долгунца в зависимости от генетических особенностей, применения минеральных, органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий за 2021–2023 гг. *

Вариант	2021 г.			2022 г.			2023 г.		
	Зарянка	Квартет	Пересвет	Зарянка	Квартет	Пересвет	Зарянка	Квартет	Пересвет
Контроль	58,7	73,4	80,0	46,1	54,3	48,0	32,6	51,8	43,9
Контроль+H ₂ O	68,9	82,6	92,8	69,5	59,8	51,1	46,7	66,3	55,4
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	60,4	57,8	56,0	36,1	40,5	36,0	35,8	43,3	46,0
N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	69,5	70,9	59,5	44,3	42,2	41,0	34,3	42,5	45,3
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	40,5	50,4	46,1	33,7	37,4	37,9	28,3	35,7	36,0
Гуматы	73,8	81,8	90,0	61,2	62,6	62,8	41,6	68,7	62,1
<i>Pseudomonas</i>	75,2	72,4	63,0	66,0	63,0	56,4	42,6	58,5	56,0
<i>Flavobacterium</i>	72,1	71,7	67,6	54,8	67,4	54,9	44,9	67,3	55,5
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	72,4	69,7	57,6	39,1	47,6	38,6	33,7	57,4	41,1
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	68,0	70,2	74,6	35,2	47,3	47,5	31,6	61,0	41,7
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterium</i>	59,2	74,6	68,3	53,8	51,6	44,2	38,0	48,7	44,8
Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	84,0	75,2	75,8	65,8	54,0	51,1	50,0	66,0	55,6
Гуматы+ <i>Flavobacterium</i>	71,9	88,2	87,6	55,7	56,6	55,2	50,8	61,5	57,5

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

Применение повышенных доз минеральных удобрений способствовало снижению коэффициента адаптации у всех изучаемых сортов в течение трех лет наблюдений за льном-долгунцом. Особенно следует отметить вариант с максимальной дозой минеральных удобрений, где коэффициент адаптации по сортам в 2021 г. составил 41,0–50,4 %, в 2022 г. – 33,7–37,9 и в 2023 г. – 28,3–36,0%, что ниже на 10–47, 1–36 и 3–32 % по сравнению с другими вариантами опыта соответственно годам (рисунок 7).

В среднем за три года наблюдений сорт Зарянка оказался наименее адаптирован к условиям среды, его коэффициент адаптации (*Ka*) составил 52,5 %, сорт Пересвет с показателем *Ka* 56,0 % занимает промежуточное положение и наиболее

адаптирован к условиям области сорт Квартет, где получен самый высокий коэффициент 60,3 % при НСР₀₅ 3,0 %.

Таблица 4 – Дисперсионный анализ и коэффициент адаптации растений раннеспелых сортов льна-долгунца за 2021–2023 гг.

Дисперсия	Долевое участие фактора		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Полевая всхожесть, %			
Сорт (А)	2,1	3,8	29,0
Припосевная обработка (В)	45,1	43,1	35,0
Взаимодействие АВ	16,9	15,9	14,5
<i>Sx</i> , %	5,33	5,14	5,00
НСР ₀₅ общая	11,9	9,6	8,6
НСР ₀₅ для фактора А	3,3	2,7	2,4
НСР ₀₅ для фактора В и АВ	6,9	5,5	5,0
Сохраняемость, %			
Сорт (А)	3,2	2,6	23,5
Припосевная обработка (В)	58,9	63,2	47,3
Взаимодействие АВ	13,5	18,2	15,4
<i>Sx</i> , %	1,66	2,64	2,07
НСР ₀₅ общая	4,1	5,6	4,5
НСР ₀₅ для фактора А	1,1	1,6	1,2
НСР ₀₅ для фактора В и АВ	2,4	3,2	2,6
Коэффициент адаптации			
Сорт (А)	2,2	2,6	32,2
Припосевная обработка (В)	49,0	59,2	40,4
Взаимодействие АВ	15,6	10,6	8,3
<i>Sx</i> , %	6,63	7,11	6,41
НСР ₀₅ общая	13,0	10,1	8,7
НСР ₀₅ для фактора А	3,6	2,8	2,4
НСР ₀₅ для фактора В и АВ	7,5	5,8	5,0

Достоверно лучшим адаптированным приемом обработки семян в области при возделывании льна-долгунца является: контроль с водой – 65,9, гуматы – 67,2, ризобактерии *Pseudomonas* и *Flavobacterium* – 61,5 и 61,8 соответственно, комплексное использование гуматов и ассоциативных ризобактерий *Pseudomonas* и *Flavobacterium* – 64,2 и 65,0 % соответственно.

Достоверно лучшими вариантами в опыте по коэффициенту адаптации при НСР₀₅ – 10,8 % являются: у сорта Зарянка – обработка перед посевом ризобактериями *Pseudomonas* 61,3 % и совместная обработка гуматами и *Pseudomonas* – 66,6 %; сорт Квартет при обработке семян гуматами (71,0 %), применение ризобактерий *Pseudomonas* (64,6 %) и *Flavobacterium* (68,8 %), гуматы + *Pseudomonas* (65,1 %) и

гуматы + *Flavobacterium* (68,8 %); у сорта Пересвет при обработке гуматами отмечен самый высокий коэффициент адаптации – 71,6 %, совместное использование при посеве гуматов и ассоциативных ризобактерий *Pseudomonas* и *Flavobacterium* – 60,8 и 66,8 % соответственно.

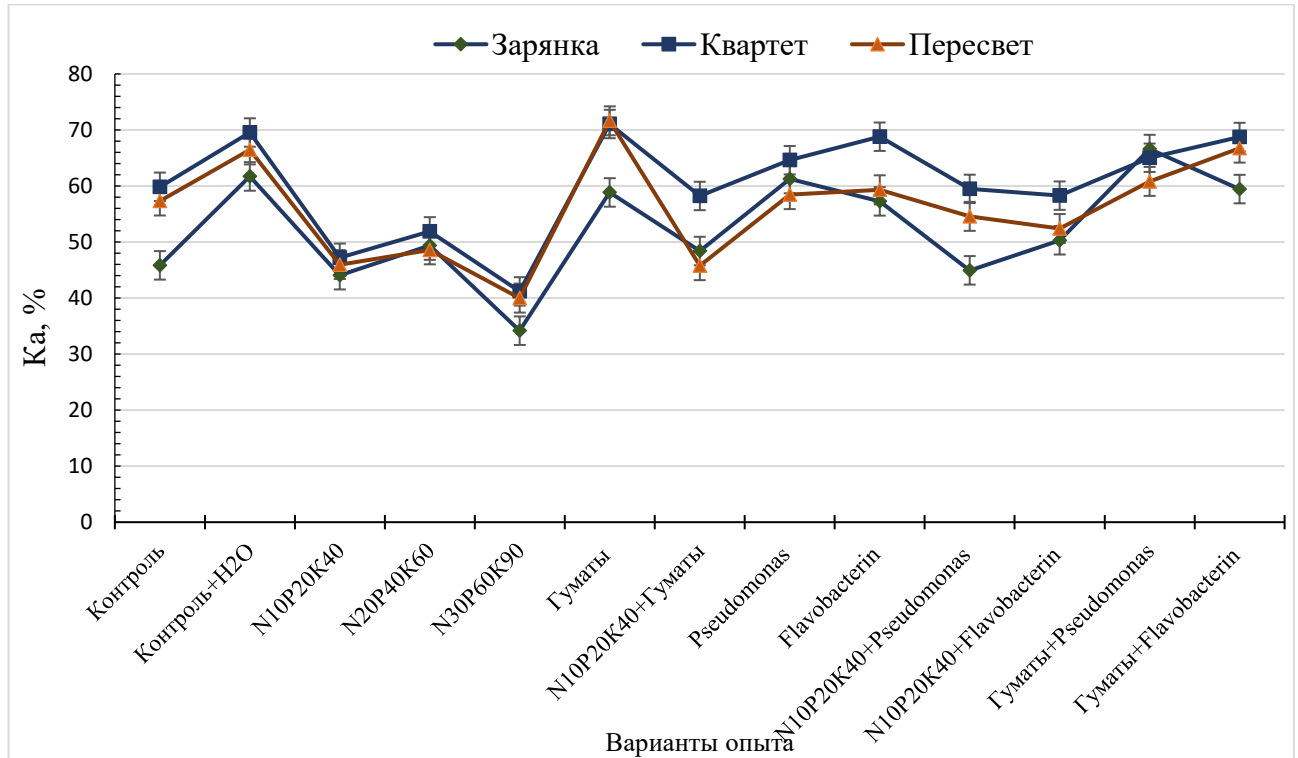


Рисунок 7 – Коэффициент адаптации растений льна-долгунца в зависимости от генетических особенностей и приемов возделывания, среднее за 2021–2023 гг.*

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

В условиях 2021 г. и 2022 г. при посеве льна-долгунца долевое участие в сохраняемости от припосевного внесения минеральных, органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий составило 58,9 и 63,2 %, а сорта – 3,2 и 2,6 % соответственно (таблица 4). В 2023 г. долевое участие сорта возросло до 23,5 %, а от припосевной обработки – наоборот, снизилось до 47,3 %.

Показатель коэффициента адаптации обуславливается в основном припосевной обработкой семян: на 40,4–49,0% в засушливых условиях вегетационного периода (2021 и 2023 гг.) и на 59,2 % при нормальных условиях вегетации (2022 г.).

В данном 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 % (таблица 5).

Таблица 5 – Коэффициенты корреляции и детерминации между сохраняемостью и коэффициентом адаптации за 2021–2023 гг.*

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

* $p \leq 0,05$

Введение понятия коэффициента адаптации позволяет сделать заключение о приспособляемости сорта к условиям выращивания. Изучение адаптации посевов в динамике, в виде показателей полевой всхожести, сохраняемости и коэффициента адаптации, создает наиболее полную картину формирования густоты стояния растений в агроценозах льна-долгунца.

Таким образом, наиболее адаптированным сортом к условиям среды в области является Квартет с полевой всхожестью семян 73 %, сохраняемостью растений к уборке 82 %, 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.

Лучшими приемами предпосевной обработки семян являются: 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 %).

У всех сортов при увеличении доз минеральных удобрений с N₁₀P₂₀K₄₀ до N₃₀P₆₀K₉₀ отмечено снижение полевой всхожести на 3–12 % (с 59–68 до 50–58 %) и

сохраняемости растений к уборке на 3–10 % (с 71–78 до 68–71 %). Комбинированное использование минеральных удобрений с гуматами и ассоциативными ризобактериями способствует понижению напряженности этого негативного явления, увеличивая полевую всхожесть на 3–13 % (с 59–61 до 64–72%). При внесении повышенных доз минеральных удобрений наблюдается снижение коэффициента адаптации у сортов льна-долгунца на 6–15 % (с 44–52 до 34–41 %).

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 (полевая всхожесть – 83, сохраняемость – 86 и *Ka* – 72 %) и гуматов с ризобактериями *Flavobacterium* (полевая всхожесть – 78, сохраняемость – 84 и *Ka* – 67 %); у сорта Квартет были наибольшие значения учитываемых показателей 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

Во время исследований были проведены наблюдения за ростом и развитием растений раннеспелых сортов льна-долгунца. В среднем за годы исследований были получены данные по продолжительности межфазных периодов льна, динамике роста и развития культуры (таблицы 6–9, рисунок 8). На продолжительность прохождения фенологических фаз и рост культуры в большей степени оказали влияние погодные условия, сложившиеся в годы исследований, и сортовые особенности культуры: в меньшей степени – припосевная обработка семян. Поэтому в работе данные представлены только по сортам и годам исследований.

В 2021 г. к моменту посева (13 мая) накопилось 84,2 °С и выпало 73,1 мм осадков. В период посев – всходы сумма активных температур составила 96,8 °С (таблица 7) и выпало 34,1 мм осадков (таблица 8), при таких условиях всходы появились на шестые сутки (таблица 9). Высокая температура воздуха и регулярное увлажнение в период ёлочка – бутонизация позволили растениям льна-долгунца пройти его за короткий период (21–22 дня).

Таблица 6 – Даты наступления фенологических фаз у раннеспелых сортов льна-долгунца в условиях Ленинградской области за 2021–2023 гг.

Сорт	Посев	Фаза развития льна-долгунца				
		всходы	ёлочка	бутонизация	цветение	ранняя желтая спелость
2021 г.						
Зарянка	13.05	19.05	26.05	16.06	21.06	29.07
Квартет	13.05	19.05	29.05	20.06	26.06	30.07
Пересвет	13.05	19.05	27.05	18.06	24.06	06.08
2022 г.						
Зарянка	02.05	16.05	26.05	18.06	25.06	05.08
Квартет	02.05	13.05	22.05	15.06	23.06	08.08
Пересвет	02.05	13.05	24.05	19.06	26.06	14.08
2023 г.						
Зарянка	29.04	14.05	21.05	18.06	24.06	12.08
Квартет	29.04	14.05	23.05	18.06	26.06	13.08
Пересвет	29.04	13.05	22.05	17.06	24.06	14.08
Среднее за 3 года						
Зарянка	05.05	17.05	25.05	18.06	24.06	06.08
Квартет	05.05	15.05	25.05	18.06	25.06	07.08
Пересвет	05.05	16.05	25.05	18.06	25.06	11.08

Во время периода быстрого роста в фазу ёлочки температура воздуха прогрелась до 25–30 °С, осадков практически не выпадало. В острозасушливых условиях (ГТК 0,2–0,9) наблюдали быструю смену фаз вегетации и короткие межфазные периоды у растений изучаемых сортов льна-долгунца. От фазы бутонизации до цветения растения льна прошли за 5–6 суток, от цветения до ранней желтой спелости за 34–43 суток при накоплении суммы активных температур 104–154 °С и 744–905 °С соответственно. Вегетационный период сортов льна-долгунца в 2021 г. был самым коротким за все годы наблюдений и составил: сорт Зарянка и Квартет –

Таблица 7 – Накопление суммы активных температур при прохождении фаз развития растений раннеспелых сортов льна-долгунца в условиях Ленинградской области за 2021–2023 гг.

Сорт	Сумма активных температур, °С					
	посев – всходы	всходы – ёлочка	ёлочка – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – ранняя желтая спелость	всего за вегетационный период
2021 г.						
Зарянка	96,8	86,2	303,8	103,8	851,4	1345,2
Квартет	96,8	118,0	350,4	154,0	744,0	1366,5
Пересвет	96,8	94,7	329,1	153,0	904,9	1481,7
2022 г.						
Зарянка	123,8	94,9	354,0	120,0	853,8	1422,7
Квартет	93,5	82,7	351,4	124,5	940,5	1499,1
Пересвет	93,5	102,0	392,6	128,8	1004,0	1627,4
2023 г.						
Зарянка	108,5	99,3	426,0	131,5	887,0	1543,8
Квартет	108,5	128,5	396,8	176,3	861,1	1562,7
Пересвет	93,4	129,0	275,3	136,1	1056,9	1597,3
среднее за 3 года						
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 8 – Сумма осадков (мм) и ГТК в период развития льна-долгунца в условиях Ленинградской области 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	
	осад ки, мм	ГТК	осад ки, мм	ГТК	осад ки, мм	ГТК	осад ки, мм	ГТК	осад ки, мм	ГТК	осад ки, мм	ГТК
2021 г.												
Зарянка	34,1	3,5	40,6	4,7	13,7	0,5	1,6	0,2	26,0	0,3	81,9	0,6
Квартет	34,1	3,5	46,6	3,9	1,6	0,0	1,9	0,1	30,7	0,4	80,8	0,6
Пересвет	34,1	3,5	52,7	5,6	7,7	0,2	-	-	83,3	0,9	143,7	1,0
2022 г.												
Зарянка	8,7	0,7	2,4	0,3	50,7	1,4	8,3	0,7	117,0	1,4	178,4	1,3
Квартет	8,7	0,9	2,4	0,3	37,5	1,1	22,7	1,8	132,6	1,4	195,2	1,3
Пересвет	8,7	0,9	2,4	0,2	58,8	1,5	1,4	0,1	141,5	1,4	204,1	1,3
2023 г.												
Зарянка	5,2	0,5	2,7	0,3	12,5	0,3	8,9	0,7	80,8	0,9	104,9	0,7
Квартет	5,2	0,5	8,0	0,6	7,2	0,2	8,9	0,5	80,8	0,9	104,9	0,7
Пересвет	2,0	0,2	2,7	0,2	12,5	0,5	8,9	0,7	80,8	0,8	104,9	0,7
Среднее за 3 года												
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

71 и 72 дня при накоплении активных температур 1345 и 1367 °С, ГТК – 0,6; у сорта Пересвет – 79 дней, 1482 °С и ГТК 1,0.

Таблица 9 – Продолжительность межфазных периодов у раннеспелых сортов льна-долгунца в условиях Ленинградской области за 2021–2023 гг.

Сорт	Межфазный период, сутки					Продолжительность вегетационного периода, суток
	посев – всходы	всходы – ёлочка	ёлочка – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – ранняя желтая спелость	
2021 г.						
Зарянка	6	7	21	5	38	71
Квартет	6	10	22	6	34	72
Пересвет	6	8	22	6	43	79
2022 г.						
Зарянка	14	10	23	7	41	81
Квартет	11	9	24	8	46	87
Пересвет	11	11	26	7	49	93
2023 г.						
Зарянка	15	7	28	6	49	90
Квартет	14	10	26	8	48	92
Пересвет	15	9	26	7	50	92
Среднее за 3 года						
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

К моменту посева в 2022 г. (2 мая) накопилось активных температур 86,9 °С, осадков – 28,5 мм. В период посев – всходы выпало всего 8,7 мм, для дружных всходов сортам Квартет и Пересвет потребовалось накопить 94 °С, а сорту Зарянка – 124 °С. Всходы появились на 11–14 сутки после посева, что объясняется дефицитом влаги (ГТК 0,7–0,9) в этот период. Растения льна-долгунца перешли в фазу ёлочки через 9–11 суток после всходов, для этого необходимо было накопить активных температур от 83 до 102 °С. В этот период также наблюдались неблагоприятные условия по влагообеспеченности (ГТК находился на уровне 0,2–0,3) культуры.

В первой и во второй декадах июня 2022 г. выпало 52,9 мм атмосферных осадков, которые способствовали активному росту и развитию растений льна-долгунца. Межфазный период ёлочка – бутонизация растения сортов льна прошли за 23–26 суток, при накоплении суммы активных температур от 351 до 393 °С. В фазу цветения растения льна вступили 15–19 июня (таблица 6), через неделю после бутонизации. От цветения до ранней желтой спелости прошло 41–49 суток, за этот период сумма активных температур составила по сортам от 854 до 1004 °С.

На второй год исследований теребление льна-долгунца сорта Зарянка и Квартет проводили в первой декаде августа (5.08 и 8.08), т.е. на 81 и 87 сутки после всходов при накоплении суммы активных температур 1423 и 1499 °С, осадков – 178 и 195 мм соответственно. Стеблестой сорта Пересвет убирали в середине второй декады августа (14.08), на 6-е и 9-е сутки позже предыдущих сортов. Это объясняется тем, что от фазы цветения до ранней желтой спелости этому сорту необходимо на 3–8 дней больше, а также больше на 128–204 °С активных температур.

В 2023 г. рано провели посев (29 апреля), так как к моменту полевых работ накопилось 117,5 °С активных температур, но сумма осадков к этому моменту была незначительной – 23,1 мм. В период посев – всходы также наблюдался дефицит влаги (ГТК = 0,2–0,5), поэтому появление всходов отметили только на 14–15 сутки после посева культуры (таблица 7, 8, 9). Фаза елочки наступила на 7–10 сутки при накоплении суммы активных температур 99–129 °С. Продолжительный межфазный период ёлочка – бутонизация (26–28 суток) был самым продолжительным за годы эксперимента и обусловлен выпадением незначительных осадков (7–13 мм) в июне месяце и их дефицитом (ГТК = 0,2–0,5).

Период от бутонизации до цветения составил 6–8 дней, а от цветения до ранней желтой спелости – 48–50 дней, что потребовало накопления активных температур 132–176 °С и 861–1057 °С соответственно.

На третий год проведения опыта продолжительность вегетационного периода у сорта Зарянка была наименьшей и составила 90 дней, а у сортов Квартет и Пересвет на 2 суток больше при накоплении суммы активных температур от 1544 до 1597 °С.

Во время исследований были проведены наблюдения за ростом растений льна-долгунца. В среднем за три года получены данные по динамике роста культуры (рисунок 8). На этот показатель в большей степени оказали влияние метеорологические условия, сложившиеся в годы исследований, и сортовые особенности льна, и в меньшей степени – припосевная обработка минеральными, органоминеральными удобрениями и ассоциативными ризобактериями.

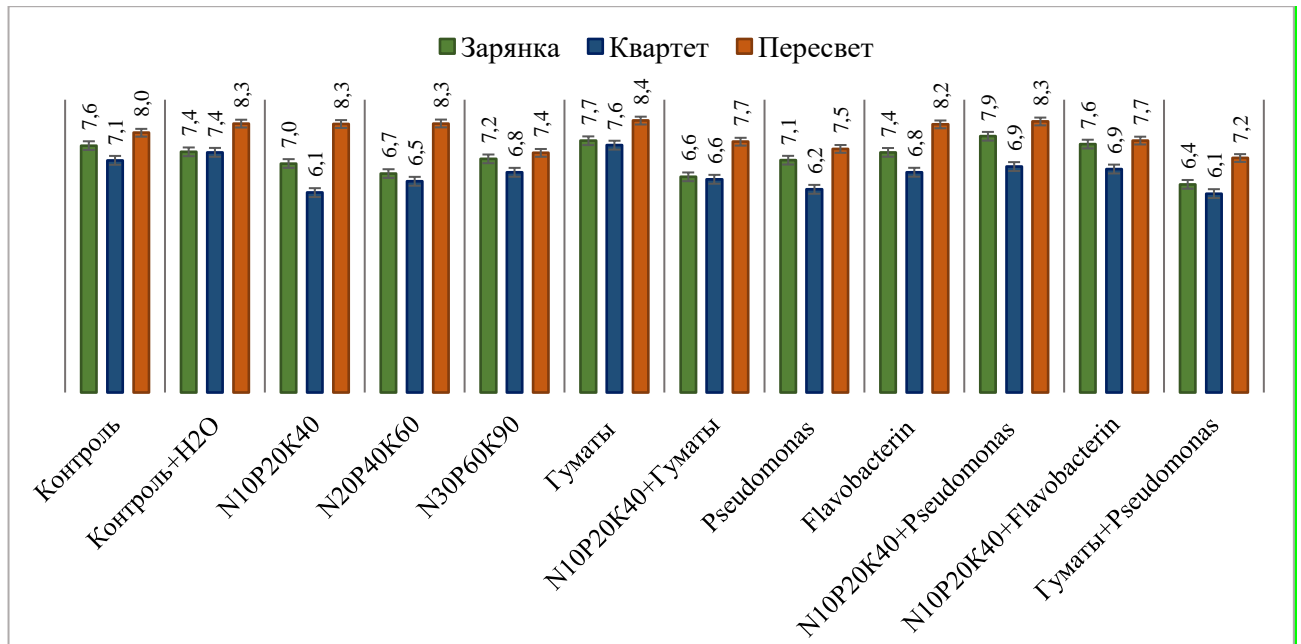


Рисунок 8 – Среднесуточный прирост растений льна-долгунца (см) в период быстрого роста (среднее за 2021–2023 гг.)*

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

Среднесуточный прирост растений в среднем за годы исследований у сорта Зарянка варьировал от 6,4 до 7,9 см, при этом наибольший показатель отмечен от совместного действия минеральных удобрений и штамма *Pseudomonas*.

У сорта Квартет отмечены наименьшие значения среднесуточного прироста среди изучаемых сортов. Наибольший показатель 7,6 см отмечен в варианте с гуматами. Совместное применение гуматов и минеральных удобрений способствовало снижению этого показателя до 6,6 см, что на 11 % ниже в сравнении с контрольным вариантом.

За годы исследований и в среднем за три года наибольший среднесуточный прирост отмечен у сорта Пересвет. Максимальный прирост 8,4 см отмечен в варианте, где семена перед посевом обрабатывались гуматами. В вариантах с невысокими дозами минеральных удобрений ($N_{10}P_{20}K_{40}$ и $N_{20}P_{40}K_{60}$) и $N_{10}P_{20}K_{40} + Pseudomonas$ наблюдали среднесуточный прирост (8,3 см). Увеличение дозы минеральных удобрений до $N_{30}P_{60}K_{90}$ приводило к снижению среднесуточного прироста на 0,9 см (7,4 см).

В среднем за три года исследований у всех изучаемых сортов всходы появлялись на 10–12 сутки при накоплении суммы активных температур от 95 до 110 °С и влагообеспеченности осадками 15–16 мм. Через 8–10 суток после всходов у растений льна-долгунца наступает 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 обеспечиваемой 15–19 мм осадков. Переход к фазе бутонизация (во второй декаде июня) у всех изучаемых сортов наступает через 24–25 суток после начала фазы ёлочка при аккумуляции от 332 до 366 ± 47 °С активных температур, суммы осадков 15–26 мм, ГТКК 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.

Следует иметь в виду, что для получения льнотресты потребуется еще около 200–300 °С активных температур, при регулярном увлажнении.

Таким образом, на образование высококачественного товарного волокна, (то есть для достижения технической спелости) при урожайности волокна на уровне 1,0 т/га сорту льна-долгунца требуется в среднем около 3 месяцев вегетации, около 1494 ± 65 °С активных температур при влажности, обеспечиваемой 133 ± 15 мм осадков.

Необходимо отметить, что изучаемые сорта в условиях Ленинградской области проявили раннеспелые свойства только в 2021 г., когда продолжительность вегетационного периода не превышала 80 дней и составила от 71 до 79 суток. На второй и третий годы исследований и в среднем за 3 года сорта Зарянка, Квартет и Пересвет можно отнести к среднеспелой группе сортов, так как вегетационный период составил больше 80 дней (от 81 до 88 суток).

3.3. Морфологические показатели стебля льна-долгунца

Основными морфологическими признаками стебля льна, определяющими выход и качество технического волокна, являются техническая длина и диаметр стеблей.

Техническая длина и диаметр стебля – важные признаки качества льна-долгунца. Чем длиннее стебель и чем выше доля технической части, тем больше длинного волокна содержится в нем. Из тонких стеблей получается волокно лучшего качества. Техническая длина – это расстояние от семядольного колена до начала ветвления. Длина стебля льна бывает различной и зависит от сорта и условий агротехники (Носевич М.А., Новохацкая Д.М., 2015; Носевич М.А., Аль Мерри Жасмин, 2024а; Носевич М.А., Аль Мерри Жасмин, 2024б).

Различают длинностебельный, среднестебельный и короткостебельный лён. Длинностебельным принято считать лён, имеющий техническую длину стебля более 0,8 м, среднестебельным – 0,6–0,8 и короткостебельным – менее 0,6 м. Льняные

стебли с наибольшей технической длиной дают и больший выход волокна (Мионов К.М., 1950; Носевич М.А., Аль Мерри Жасмин, 2024^а).

Различают тонкостебельные растения льна, у которых диаметр от 0,8 до 1,2 мм, среднестебельные – от 1,3 до 2,0 мм и толкостебельные растения с диаметром более 2,1 мм (Носевич М.А., Новохацкая Д.М., 2015; Носевич М.А., Аль Мерри Жасмин, 2024^б).

Под влиянием густоты стояния растений изменяются общая высота и толщина стебля. С уменьшением густоты стояния количественные показатели этих признаков увеличиваются (Тихвинский С.Ф., 1977; Тихомирова В.Я., 2000).

Оценка содержания волокон в стеблях льна осуществляется на основании показателя мыклости, представляющего собой отношение технической длины стебля к его диаметру в средней части. Установлено, что более высокий уровень мыклости свидетельствует о повышенном качестве волокна. Сбежистость стебля является важным параметром, характеризующим его форму. Оптимальными считаются стебли с цилиндрической формой, так как они обеспечивают максимальный выход волокна высокого качества. Сбежистость определяется путем вычисления разницы между диаметром комлевой и верхушечной частей стебля. Чем меньше данный показатель, тем ближе форма стебля к цилиндрической, что повышает его технологическую ценность (Бочарова Т. А., 2008; Рыжов А. И., Рожмина Т.А., 2012).

Косвенными критериями оценки равномерности распределения волокон по длине стебля являются сбежистость (сбег) и мыклость стебля.

Для получения однородного волокна с высокими прядильными свойствами необходимо получать стеблестой с морфологическими признаками: мыклость должна находиться в диапазоне 400–700 ед., а показатель сбежистости не должен превышать 0,68 мм (Рожмина Т.А., Кишлян Н.В. и др., 2011; Носевич М.А., 2012).

В 2021 г. техническая длина зависела от сортовых особенностей льна-долгунца. В среднем по сортам данный показатель у сорта Зарянка находился на уровне 37, у сорта Квартет – 40, у сорта Пересвет – 47 см (таблица Б1). Органические удобрения и ассоциативные ризобактерии способствовали повышению

технической длины у сорта Пересвет на 5–16%, а у сорта Квартет применение минеральных удобрений и ризобактерий повышали этот показатель на 7–20%.

В первый год исследований лучший показатель технической длины 51,9 см отмечен у сорта Пересвет в варианте с внесением $N_{20}P_{40}K_{60}$, что выше на 1,5–9,2 см по сравнению с другими вариантами и на 12 см больше по сравнению с лучшим значением технической длины у сорта Зарянка – 40,0–39,8 см (Носевич М.А., Аль Мерри Жасмин, 2024^а).

В 2021 г. у всех изучаемых сортов сбежистость в среднем была на уровне 0,5. В эксперименте не было выявлено существенной зависимости между сбежистостью и изучаемыми агротехническими приемами, и по вариантам опыта этот показатель находился на уровне от 0,4 до 0,8 мм. Следует отметить, что совместное применение минеральных и органоминеральных удобрений способствует повышению у изучаемых сортов сбежистости стебля (с 0,4–0,5 до 0,6–0,8 мм). Штаммы ризобактерий *Flavobacterium*, *Pseudomonas* и гуматы незначительно снижали этот показатель с 0,5 до 0,4 на сорте Зарянка. Такая же тенденция была отмечена у сорта Квартет от инокуляции семян *Pseudomonas* (таблица Б1).

При определении диаметра стебля в 2021 г. не было отмечено существенных различий по сортам и фонам питания, так как этот показатель на середине стебля варьировал от 0,8 до 1,3 мм (таблица Б2).

Значения мыклости в 2021 г. зависели от сортовых особенностей, применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий. Максимальная мыклость на уровне 530 отмечена у сорта Зарянка в варианте с применением гуматов, и штаммов бактерий *Pseudomonas*, у сорта Квартет – 448–460 от применения штаммов *Pseudomonas* и комбинации $N_{10}P_{20}K_{40}$ +Гуматы, а у сорта Пересвет – 430–440 единиц от применения изучаемых ризобактерий и совместного применения минеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий.

На техническую длину льна-долгунца в 2022 г. (таблица Б3) главным образом оказывали влияние сортовые особенности. Ассоциативные ризобактерии по-разному оказывали влияние на техническую длину сортов. Так, у сорта Зарянка отмечено отрицательное действие, а у сорта Квартет, наоборот, наблюдали повышение

этого показателя на 2–5 см. Лучший показатель технической длины 72,2 см отмечен у сорта Пересвет в варианте с внесением $N_{10}P_{20}K_{40}$ и гуматов, что выше на 0,8–2,1 см по сравнению с другими вариантами и на 8,7–9,7 см больше по сравнению с лучшим значением технической длины у сорта Зарянка (63,5–62,5 см). У сорта Квартет в варианте с внесением $N_{10}P_{20}K_{40}$ и гуматов отмечено увлечение технической длины на 7 см по сравнению с контролем, она составила 71 см.

На второй год проведения эксперимента сбежистость у сортов Зарянка и Пересвет составила в среднем 0,7 мм, а у сорта Квартет была на уровне 0,8. Применение гуматов с ассоциативными ризобактериями *Pseudomonas* снижало сбежистость у сорта Зарянка с 0,9–0,6 до 0,4 мм. У сортов Квартет и Пересвет не было выявлено существенной зависимости между сбежистостью и изучаемыми агротехническими приемами, и по вариантам опыта этот показатель находился на уровне 0,6–1,0 мм (таблица Б3).

В опыте не было отмечено существенных различий по сортам и фонам питания при определении диаметра стебля в 2022 г., так как эти значения колебались в нешироком диапазоне и составили по вариантам опыта от 1,1 до 1,9 мм (таблица Б4).

Мыклость в 2022 г. зависела от сорта и применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий. Максимальная мыклость на уровне 560 у сорта Квартет отмечена в контрольном варианте с водой, у сорта Зарянка – 500–526 в трех вариантах, а у сорта Пересвет – 554 единиц от применения гуматов.

На техническую длину в 2023 г. (таблица Б5) оказывали влияние сортовые особенности льна-долгунца. Лучший показатель технической длины 53 см отмечен у сорта Пересвет в варианте с внесением $N_{10}P_{20}K_{40}$ и штаммов *Flavobacterium*, что выше на 1–7 см по сравнению с другими вариантами и на 4–8 см больше по сравнению с лучшими значениями технической длины у сортов Зарянка и Квартет, где эти значения достигли 46,1 и 48,9 см соответственно.

На третий год исследований сбежистость у всех сортов была на одном уровне – 0,5 мм. Применение ассоциативных ризобактерий *Flavobacterium* и Гуматы+*Pseudomonas* снижали этот показатель на сорте Пересвет с 0,7–0,6 до 0,4 мм.

Комплексное использование гуматов и ассоциативных ризобактерий *Pseudomonas* способствовали понижению сбежистости у сорта Квартет с 0,7–0,4 до 0,3 мм (таблица Б5).

Диаметр стебля варьировал в нешироком диапазоне и составил по вариантам опыта от 1,0 до 1,8 мм (таблица Б6). Применение гуматов и изучаемых штаммов ризобактерий на сорте Пересвет привело к снижению диаметра стебля с 1,8–1,3 до 1,1 мм по сравнению с другими вариантами. У сорта Квартет применение штаммов *Pseudomonas* с гуматом привело к снижению диаметра с 1,4–1,1 до 1 мм. Совместное использование минеральных удобрений и гуматов у сорта Зарянка, наоборот, повышали значения диаметра – с 1,3–1,4 до 1,7 мм.

Мыклость в 2023 г. зависела от сорта и применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий. Самый высокий показатель мыклости отмечен у сорта Пересвет, он составил 497 единиц от применения гуматов. У сортов Квартет и Зарянка лучшие показатели были ниже на 41 и 133 единиц в вариантах: Гуматы+*Pseudomonas* и от ризобактерий *Flavobacterium* соответственно.

В среднем за 3 года на горстевую длину льна-долгунца большее влияние оказывали фон удобрений и в меньшей степени сорт культуры. У сорта Зарянка было отмечено увеличение этого показателя с внесением различных доз минеральных и органоминеральных удобрений. У сорта Пересвет применение гуматов снижало этот показатель. Самым высоким показателем горстевой длины отличались растения льна-долгунца на фоне, где применялись совместно минеральные удобрения в дозе $N_{10}P_{20}K_{40}$ и гуматы, он составил 68,0 см у сорта Пересвет, а у сорта Зарянка самыми высокими показателями (58,3 см) отличались растения на фоне, где применялись гуматы (Носевич М.А, Аль Мерри Ж., 2024^б).

В среднем за 3 года лучший показатель технической длины 57,4 см отмечен у сорта Пересвет в варианте с внесением гуматов и $N_{10}P_{20}K_{40}$, 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 технической длины у сорта Зарянка (48,2–48,9 см), на 4,7–5,1 см больше по сравнению с сортом Квартет (52,3–52,7 см) (рисунок 9). Обработка

семян сорта Пересвет перед посевом штаммами *Flavobacterium* и совместное применение $N_{10}P_{20}K_{40}+Pseudomonas$ 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 удобрений $N_{10}P_{20}K_{40}$.

В эксперименте не было выявлено существенных связей между сбежистостью и изучаемыми агротехническими приемами, так как по вариантам опыта этот показатель находился на уровне от 0,4 до 0,7 мм. Следует отметить, что совместное применение минеральных и органоминеральных удобрений способствовало повышению (с 0,4–0,6 до 0,7 мм) у изучаемых сортов сбежистости стебля (рисунок 9).

В среднем за 3 года исследований самый низкий показатель сбежистости 0,4 был получен в варианте от применения гуматов +*Pseudomonas* на сорте Зарянка (рисунок 9) (Носевич М.А., Аль Мерри Жасмин, 2024^б).

В исследованиях была 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 по вариантам опыта от 1,1 до 1,5 мм (рисунок 10). Следует отметить, что применение гуматов и штаммов *Pseudomonas* на сорте Пересвет привело к снижению диаметра стебля с 1,4–1,2 до 1,1 мм по сравнению с другими вариантами. Такую же закономерность отметили у сорта Зарянка в трех вариантах: с применением штаммов *Flavobacterium*, при совместном применении гуматов и изучаемых ассоциативных ризобактерий, а у сорта Квартет в двух вариантах – с применением штаммов *Pseudomonas* и гуматов.

В среднем за 3 года выявлена средняя отрицательная корреляционная связь ($r=-0,68$) между количеством растений (X) и диаметром стебля льна (Y), 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 (рисунок 10). У сорта Пересвет мыклость была выше на 13–122 единиц по сравнению с сортом Зарянка, исключением были варианты

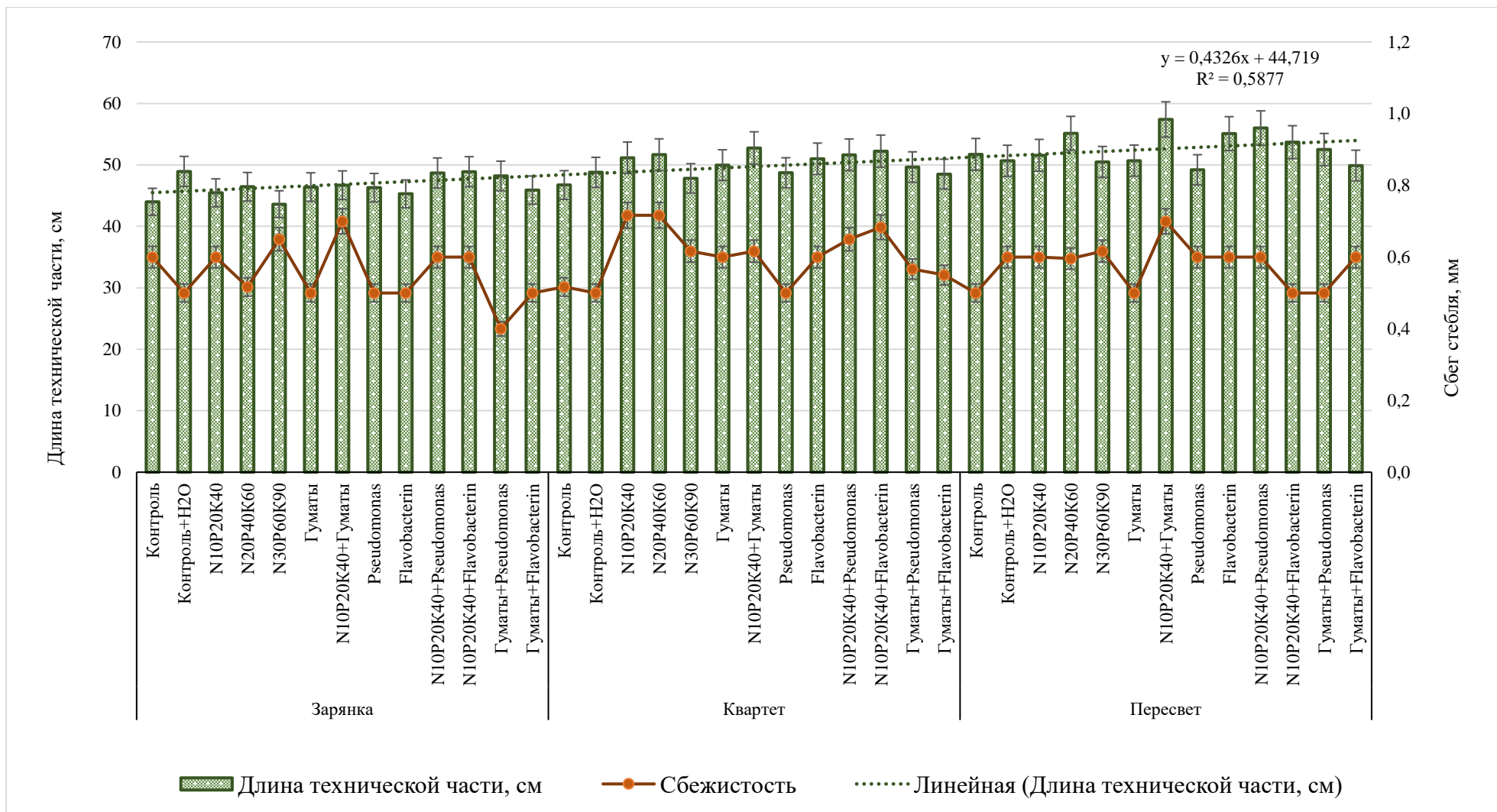


Рисунок 9 – Длина технической части (см) и сбежистость (мм) стебля льна-долгунца в зависимости от применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, среднее за 2021–2023 гг.*

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

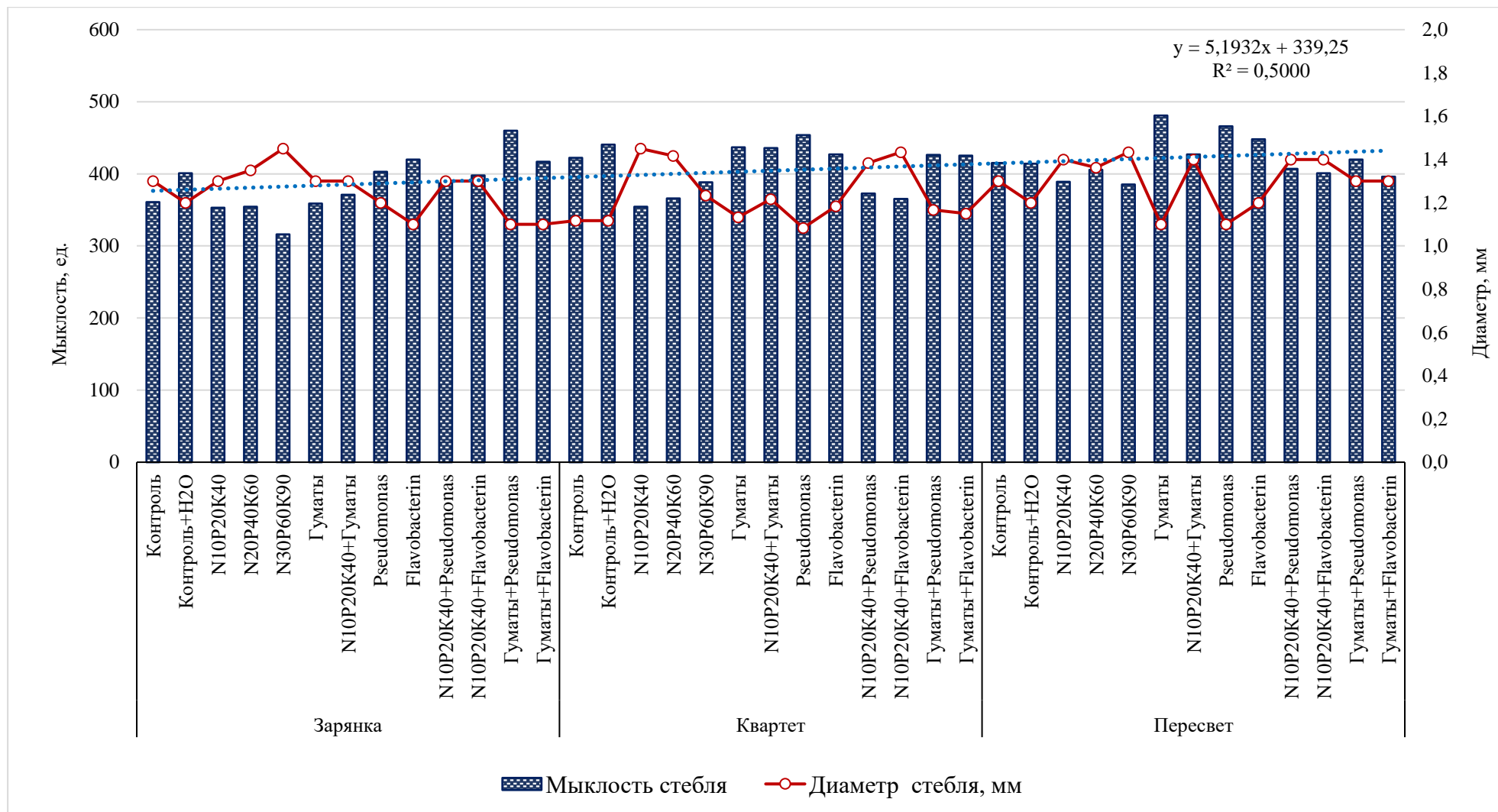


Рисунок 10 – Мыкlost'ь (единиц) и диаметр (мм) стебля льна-долгунца в зависимости от применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, среднее за 2021–2023 гг.*

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

$N_{10}P_{20}K_{40}+Flavobacterium$ 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 количеством растений льна (X) и мыкlostью стебля (Y), которая описывается уравнением регрессии: $y = 404,3 + 0,115X$ (при $S_x \% = 3,8$, $316 < X < 481$).

Таким образом, лучшими техническими данными стебля льна обладает 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 мыкlostь более 448 единиц.

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

3.4. Урожайность льносоломы, тресты и волокна раннеспелых сортов льна-долгунца

Урожайность и качество льняного волокна, независимо от сорта и уровня минерального питания, определялись погодными условиями, которые устанавливались в период вегетации растений. Эффект от применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий также во многом зависел от погодных условий вегетационного периода льна-долгунца.

Наиболее урожайным сортом в опыте за 2021 г. был Пересвет, у которого урожайность льносоломы составила 3,64 т/га, тресты – 3,19, всего волокна – 0,93 и

длинного волокна – 0,71 т/га, что выше по сравнению с сортом Зарянка на 0,31 (9,0 %), 0,35 (12 %), 0,21 (29,5 %) и 0,28 т/га (66,3 %), и выше по сравнению с сортом Квартет на 0,10 (2,9 %), 0,11 (3,7 %), 0,14 (17,6 %) и 0,24 т/га (50,8 %) при НСР₀₅ 1,19, 1,03, 0,27 и 0,18 т/га соответственно (таблица Г1–Г2). Следует отметить, что достоверное превышение урожайных данных отмечено только на длинном волокне, по другим видам льнопродукции данные были на уровне ошибки опыта.

Основными показателями, определяющими урожайность волокна, являются урожайность льносолемы, тресты и содержание волокна в стебле льна. Применение органоминеральных удобрений позволило увеличить урожайность льносолемы на 0,55 т/га (17 %) у сорта Зарянка и на 0,47 т/га (9 %) у сорта Пересвет по сравнению с контролем с водой.

В первый год исследований урожайность льнотресты находилась в диапазоне от 1,87 до 3,79 т/га. Изучаемый штамм ризобактерий *Pseudomonas* при применении совместно с гумататами способствовали повышению этих значений у сорта Зарянка на 29 %, у сорта Пересвет на 11,5%. У сорта Квартет инокуляция семян ризобактериями *Pseudomonas* на фоне минеральных удобрений способствовала повышению урожайности тресты на 11,7%.

Содержание волокна в стебле культуры сорта Пересвет колебалось от 28,0 до 30,4 %, у сорта Зарянка от 24,0 до 27,9 %, а у сорта Квартет от 24,3 до 28,4 % (рисунки Д1). Выход длинного волокна в большей степени обуславливался сортовыми особенностями. Так, сорт Пересвет отличался наибольшим выходом длинного волокна – 26 %. У сортов Зарянка и Квартет эти значения находились на уровне от 13 до 19 %.

Урожайность длинного волокна зависела от органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, а также от сортовых особенностей. Сорт Пересвет отличался большей урожайностью (0,95–0,99 т/га) по сравнению с сортами Зарянка и Квартет. Все изучаемые варианты, кроме N₃₀P₆₀K₉₀ и применения штамма *Pseudomonas*, повышали этот показатель у сорта Зарянка на 0,03–0,46 т/га, а у сорта Квартет – на 0,31 т/га у всех вариантов за исключением применения штаммов *Pseudomonas* (НСР₀₅ по фактору А – 0,05, по фактору В – 0,11 т/га).

За 2022 г. наиболее урожайным сортом в опыте был Квартет, у которого урожайность льносоломы составила 5,74 т/га, тресты – 4,36, всего волокна – 1,30 и длинного волокна – 1,05 т/га, что выше по сравнению с сортом Зарянка на 1,01 (21,4 %), 0,71 (19,4 %), 0,23 (22 %) и 0,19 т/га (21,7 %), и выше по сравнению с сортом Пересвет на 0,57 (11 %), 0,41 (10,3 %), 0,07 (5,6 %) и 0,04 т/га (3,5 %) при НСР₀₅ по фактору А – 0,54, 0,42, 0,13 и 0,10 т/га соответственно (таблица Г3–Г4).

На второй год проведения опыта урожайность льнотресты находилась в диапазоне от 2,80 до 5,09 т/га. Самые низкие показатели у изучаемых раннеспелых сортов отмечались: сорт Зарянка – 3,22, сорт Квартет – 3,74 и Пересвет – 2,80 т/га. Штамм ризобактерий *Pseudomonas* совместно с минеральными удобрениями способствовали повышению этого показателя у сорта Квартет на 23,8 %, у сорта Пересвет на 20,7%. На повышенных фонах минерального питания (N₂₀P₄₀K₆₀ и N₃₀P₆₀K₉₀) у сортов Зарянка и Пересвет снижалась урожайность тресты на 2–27 %, исключениями были варианты сорта Квартет, где урожайность тресты, наоборот, повышалась на 7–34 %. Самый высокий уровень урожайности тресты в 2022 г. получен у сорта Квартет при применении N₁₀P₂₀K₄₀ и *Pseudomonas*, он составил 5,1 т/га.

Общий выход волокна и выход длинного волокна в 2022 г в большей степени зависел от сортовых особенностей льна-долгунца (рисунок Д2). Сорт Пересвет обладал наибольшим выходом волокна, который находился на уровне 33 %, а также выходом длинного волокна – 29 %. У сортов Зарянка и Квартет общий выход волокна находился на уровне 29–30%, а выход длинного волокна – 24–25%.

Урожайность длинного волокна в 2022 г. зависела от применения органических удобрений и ассоциативных ризобактерий. Самой низкой урожайностью (на уровне 0,7 т/га) отличался сорт Зарянка, а наибольшей (1,4 т/га) – сорт Пересвет от комбинированного применения минеральных удобрений и штаммов *Pseudomonas* (Носевич М.А. и др., 2025).

В 2023 г. урожайность тресты зависела от применения гуматов и минеральных удобрений (таблица Г5–Г6). Гуматы способствовали повышению урожайности тресты у сортов Пересвет и Зарянка на 23–35 %. Исключением был сорт Квартет, где урожайность, наоборот, снижалась на 13 % от этих факторов.

На третий год проведения эксперимента наиболее урожайным сортом был Пересвет, у которого урожайность льносолемы составила 5,73 т/га, тресты – 4,25, всего волокна – 1,18 и длинного волокна – 0,96 т/га, что достоверно выше по сравнению с сортом Зарянка на 0,52 (10,1 %), 0,60 (16,5 %), 0,36 (9,8 %) и 0,27 т/га (7,3 %), и по сравнению с сортом Квартет на 0,96 (21,2 %), 0,81 (23,7 %), 0,18 (18,7 %) и 0,13 т/га (15,1 %) при НСР₀₅ по фактору А 0,65, 0,47, 0,13 и 0,10 т/га соответственно (таблица Г6).

За 2023 г. наблюдений урожайность льнотресты находилась в диапазоне от 2,2 до 5,1 т/га. Самые низкие значения у изучаемых раннеспелых сортов отмечались: сорт Зарянка – 2,19, сорт Квартет – 3,01 и Пересвет – 3,40 т/га. Максимальная урожайность тресты 5,1 т/га отмечена у сорта Пересвет в варианте, где применялись гуматы, что выше на 0,21–0,87 т/га по сравнению с другими фонами питания и на 0,23–1,50 т/га по сравнению с контрольным сортом (НСР₀₅ по фактору А – 0,47 т/га). Следует заметить, что у сорта Зарянка наибольшая урожайность тресты была отмечена также в варианте с использованием органоминеральных удобрений, а у сорта Квартет получена от совместного применения минеральных удобрений и штаммов *Flavobacterium* (4,26 т/га).

Урожайность длинного волокна у сорта Пересвет была достоверно самой высокой в 2023 г. и составила 0,96 т/га, у сорта Квартет на 0,13 т/га ниже, и самая низкая – 0,69 т/га отмечена – у сорта Зарянка при НСР₀₅ 0,10 т/га (таблица Г5–Г6).

На третий год исследований общий выход волокна и выход длинного волокна (рисунок Д3) в большей степени зависел от сортовых особенностей. Сорт Квартет обладал большим выходом волокна, который находился на уровне 33%, а также большим выходом длинного волокна – 27%. У сорта Зарянка общий выход волокна был ниже на 10 %, а длинного волокна на 8 %, а у сорта Пересвет – на 5 и 4 % соответственно.

В среднем 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 (таблица 10, В1–В4).

Наиболее урожайным сортом в опыте был Пересвет, у которого урожайность льносоломой 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 (таблицы 11, 12).

Таблица 10 – Результаты дисперсионного анализа влияния факторов на урожайность льнопродукции льна-долгунца за 2021–2023 гг.

Дисперсия	Сумма квадратов	Доля влияния фактора, %	Сумма квадратов	Доля влияния фактора, %	Сумма квадратов	Доля влияния фактора, %	Сумма квадратов	Доля влияния фактора, %
	Солома		Треста		Волокно		Длинное волокно	
Общая	932,947		467,098		45,711		39,195	
Фактора А (Год)	246,174	26,4	65,032	13,9	9,546	20,9	12,683	32,4
Фактора В (Сорт)	8,897	1,0	9,316	2,0	3,56	7,8	3,293	8,4
Фактора С (Фон питания)	36,064	3,9	24,725	5,3	3,617	7,9	3,812	9,7
Взаимодействия АВ	32,63	3,5	19,71	4,2	1,17	2,6	0,99	2,5
Взаимодействия АС	35,82	3,8	21,55	4,6	1,39	3,0	0,99	2,5
Взаимодействия ВС	24,17	2,6	13,1	2,8	1,21	2,6	0,71	1,8
Взаимодействия АВС	52,79	5,7	28,02	6,0	2,3	5,0	2,01	5,1

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

В среднем за годы наблюдений по вариантам опыта урожайность льнотресты находилась в диапазоне от 2,73 до 4,26 т/га.

У сорта Пересвет отмечали более высокую урожайность тресты (3,79 т/га) за все годы исследований по сравнению сортами Зарянка и Квартет (3,38 и 3,62 т/га соответственно). Следует отметить, что максимальный уровень урожайности тресты отмечали 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 максимальная урожайность

Таблица 11 – 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			
		соломы	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	0,60
	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	0,77
	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

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

Таблица 12 – Отклонения урожайности у раннеспелых сортов льна-долгунца от средних значений льнопродукции, т/га (среднее за 2021–2023 гг.)

Сорт (Фактор А)	Органоминеральные удобрения, ассоциативные ризобактерии (Фактор В)	среднее $\bar{x} \pm$, т/га			
		солома	треста	всего волокна	длинного волокна
Зарянка	Контроль	▼ -0,89	▼ -0,65	▬ -0,20	▶ -0,22
	Контроль+Н ₂ О	▬ -0,12	▬ -0,09	▬ -0,08	▶ -0,13
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	▬ 0,26	▬ 0,16	▬ -0,01	▶ 0,02
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	▬ 0,00	▬ -0,03	▬ -0,03	▶ -0,02
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	▬ -0,20	▼ -0,21	▼ -0,12	▶ -0,10
	Гуматы	▲ 0,85	▲ 0,62	▲ 0,25	▶ 0,21
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	▬ 0,03	▬ 0,05	▬ 0,00	▶ 0,02
	<i>Pseudomonas</i>	▬ 0,10	▬ 0,03	▬ 0,06	▶ 0,07
	<i>Flavobacterin</i>	▬ -0,29	▼ -0,21	▬ -0,04	▶ 0,00
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	▬ -0,22	▬ -0,10	▬ -0,06	▶ -0,02
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	▬ -0,20	▼ -0,15	▬ -0,04	▶ 0,00
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	▲ 0,35	▬ 0,27	▲ 0,11	▶ 0,08
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	▲ 0,36	▬ 0,26	▲ 0,10	▶ 0,09
Квартет	Контроль	▼ -0,63	▼ -0,47	▼ -0,21	▶ -0,19
	Контроль+Н ₂ О	▬ -0,02	▬ 0,03	▼ -0,08	▶ -0,12
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	▬ 0,24	▬ 0,20	▬ 0,03	▶ 0,00
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	▬ 0,23	▬ 0,13	▬ 0,01	▶ 0,01
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	▼ -0,47	▼ -0,43	▼ -0,12	▶ -0,11
	Гуматы	▬ -0,22	▼ -0,26	▬ 0,00	▶ 0,02
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	▬ 0,07	▬ -0,07	▬ -0,04	▶ -0,04
	<i>Pseudomonas</i>	▼ -0,38	▼ -0,26	▬ -0,03	▶ -0,01
	<i>Flavobacterin</i>	▬ -0,22	▼ -0,11	▬ -0,03	▶ -0,01
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	▲ 0,76	▲ 0,64	▲ 0,15	▶ 0,14
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	▲ 0,73	▲ 0,59	▲ 0,16	▶ 0,16
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	▬ -0,11	▬ -0,03	▬ 0,05	▶ 0,07
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	▬ 0,05	▬ 0,07	▬ 0,05	▶ 0,04
Пересвет	Контроль	▬ -0,26	▬ -0,15	▬ -0,07	▶ -0,12
	Контроль+Н ₂ О	▬ 0,16	▬ 0,04	▬ 0,01	▶ -0,07
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	▬ 0,18	▲ 0,15	▬ 0,00	▶ -0,01
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	▬ 0,15	▬ 0,06	▬ -0,04	▶ -0,03
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	▼ -0,49	▼ -0,57	▼ -0,24	▶ -0,17
	Гуматы	▲ 0,50	▲ 0,44	▲ 0,15	▶ 0,17
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	▬ 0,27	▲ 0,22	▲ 0,08	▶ 0,08
	<i>Pseudomonas</i>	▼ -0,60	▼ -0,43	▬ -0,11	▶ -0,05
	<i>Flavobacterin</i>	▬ -0,23	▬ -0,12	▬ -0,01	▶ -0,03
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	▬ 0,26	▲ 0,23	▲ 0,06	▶ 0,11
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	▬ 0,17	▲ 0,15	▲ 0,07	▶ 0,01
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	▬ -0,15	▬ -0,04	▲ 0,03	▶ 0,07
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	▬ -0,01	▬ 0,06	▲ 0,07	▶ 0,10
НСР ₀₅ для частных различий		1,89	1,43	0,40	0,32
НСР ₀₅ для фактора А (сорт)		0,52	0,40	0,12	0,09
НСР ₀₅ для фактора В и АВ (фон питания)		1,09	0,83	0,23	0,19

тресты 4,23 т/га получена 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. Следует заметить, что у сорта Зарянка наибольшая урожайность тресты также была отмечена в варианте с использованием органоминеральных удобрений (4,0 т/га).

Наибольший выход всего волокна отмечен у сорта Пересвет – от 27,5 до 30,7 %, у сорта Квартет он был на 0,1–1,7 % ниже и составил от 25,7 до 30,6 %, а у сорта Зарянка – на 2,0–5,5 % ниже и составил от 23,7 до 27,9 % (рисунок 11).

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, а у сорта Зарянка – 15,7–21,2 %.

У сорта Зарянка лучшие значения 28 % по общему выходу волокна получены в варианте с применением гуматов, длинного волокна – 21 %. У сорта Пересвет отличились варианты с применением гуматов и при совместном применении гуматов и ассоциативных ризобактерий. В этих вариантах отмечен лучший показатель общего выхода волокна – 30, а длинного волокна – 25 %, что обусловило получение достоверно высоких уровней урожайности длинного волокна в этих вариантах (Носевич М.А. и др., 2025). У сорта Квартет отличились варианты с применением гуматов и при совместном применении гуматов и штаммов ризобактерий *Pseudomonas*.

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 при НСР₀₅ – 0,23 т/га, у сорта Квартет в вариантах, где применялись минеральные удобрения совместно с изучаемыми ризобактериями, прибавка составила 0,23 и 0,24 т/га соответственно.

Основным продуктом, ради которого возделывается лен-долгунец, является длинное волокно. 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.

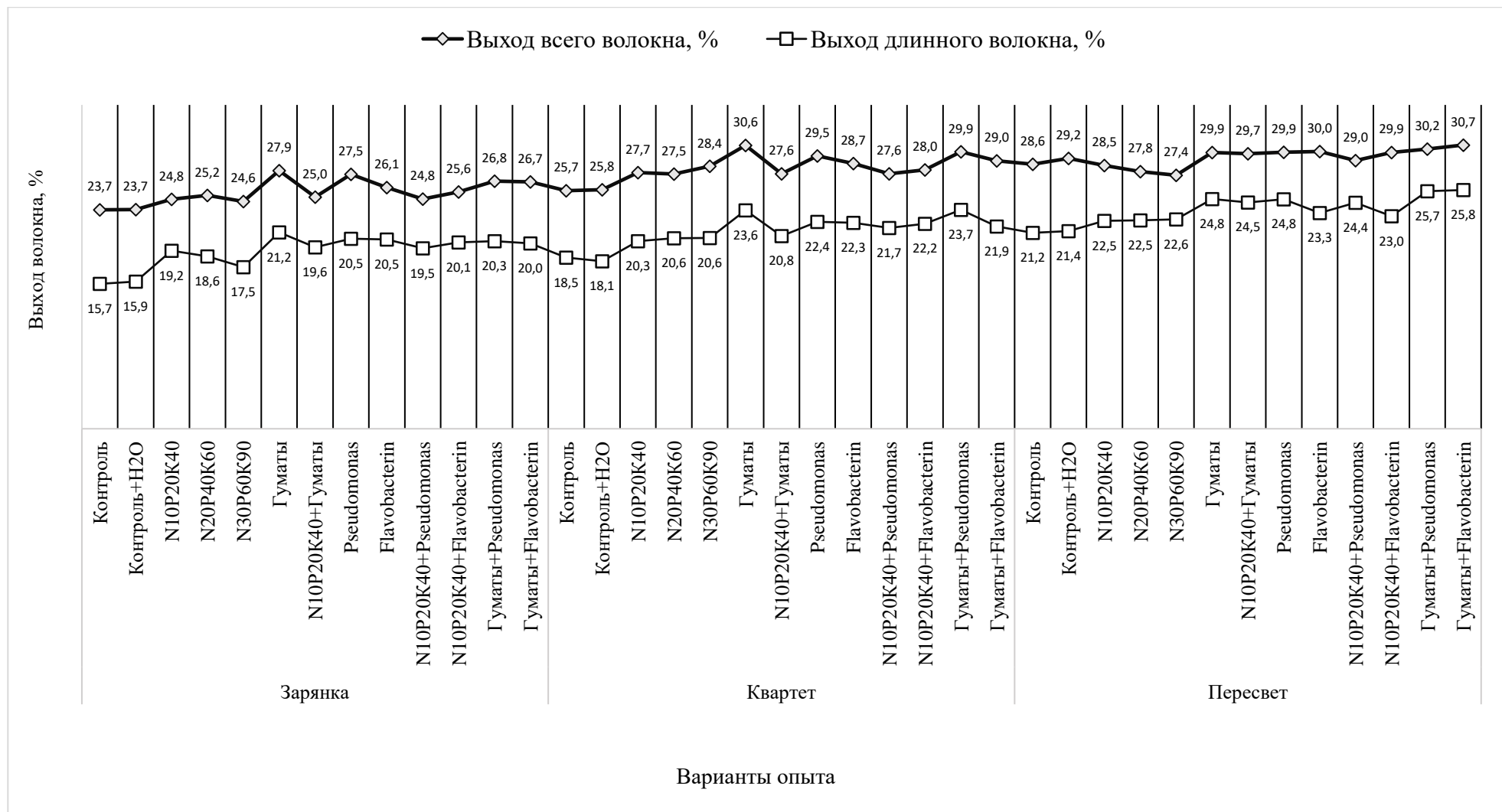


Рисунок 11 – Выход всего и выход длинного волокна льна-долгунца в зависимости от применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, % (среднее за 2021–2023 гг.)*

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

В опыте отмечена сортовая отзывчивость льна-долгунца на действие органо-минеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий. Так, применение гуматов, минеральных удобрений совместно с гуматами, минеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий и гуматов с ассоциативными ризобактериями у сорта Пересвет способствовало формированию одинакового уровня урожайности длинного волокна от 0,88 до 1,06 т/га при НСР₀₅ по фактору В – 0,19 т/га. У сорта Зарянка достоверная прибавка отмечена в следующих вариантах: N₁₀P₂₀K₄₀, гуматы, применение *Pseudomonas*, совместное применение минеральных удобрений и гуматов и гуматы совместно с ассоциативными ризобактериями с уровнем урожайности от 0,68 до 0,87 т/га. Сорт Квартет отличался наибольшей отзывчивостью на фон минерального питания, так как во всех вариантах получена достоверная прибавка (от 0,78 до 0,95 т/га), за исключением двух контролей и фона с максимальной дозой минеральных удобрений, где отмечено достоверное снижение урожайности длинного волокна.

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

Наши данные согласуются с выводами белорусских ученых, которые утверждали, что: «в условиях внесения азотного удобрения в дозе свыше N15 снижало в тресте содержание общего и длинного волокна у сортов ранней, средней и позднеспелой групп спелости. Особенно сильное снижение содержания волокна наблюдалось при высокой дозе азота N45» и «снижение содержания волокна в тресте обуславливает снижение его урожайности» (Прудников В.Л. и др., 2014).

Таким образом, достоверно лучшим сортом в опыте является Пересвет (с уровнем урожайности – 0,89 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 увеличивают 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) обеспечивается 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 отмечается на фоне применения органоминеральных удобрений (прибавка составила 0,24 т/га).

3.5. Технический анализ волокна раннеспелых сортов льна-долгунца

Проблема повышения качества льняного волокна как сырья для текстильной промышленности в настоящее время является актуальной. Её решение связано с рядом вопросов, в том числе с разработкой сортовой агротехнологии.

Качество льняного сырья определяется морфологическими признаками и анатомическим строением стебля, физико-механическими и химическими свойствами волокна, а также особенностями его структуры. Кроме основных показателей, имеются дополнительные сопутствующие свойства льноволокна – цвет, тяже-ловесность, лентистость, маслянистость, блеск волокна, содержание костры и недоработки, зажгученность.

Все признаки, определяющие качество льноволокна, находятся в тесной взаимосвязи и оказывают определенное влияние на качество пряжи. К числу основных свойств льняного волокна, непосредственно влияющих на его прядильную способность и качество льняных тканей, принято относить прочность, гибкость и тонины (Тихвинский С.Ф., 1978).

Уровень проявления физико-механических свойств (гибкость, прочность, тонины) волокна определяется его химическим составом, морфо-анатомическим стро-

ением стебля. От прочности волокна зависит прочность пряжи и ткани, а также обрывность пряжи в технологическом процессе. Между толщиной стенок элементарных волокон и прочностью волокна наблюдается устойчивая положительная корреляция. Различная прочность волокна обуславливается не только толщиной стенок элементарных волокон, но и их расположением, количеством в пучке (Тихвинский С.Ф., 1978), крепостью связей лубяных пучков (Гращенко М.Г., 1963), а также длиной элементарных волокон (Голубев А.Е. и др., 2010). Чем тоньше и длиннее элементарные волокна, тем больше поверхность их соприкосновения и тем прочнее техническое волокно.

Большое значение гибкости связано с тем, что в процессе прядения волокна подвергаются различным деформациям – изгибу, кручению и т. д. Волокна, не обладающие достаточной гибкостью, непригодны для получения тонкой пряжи. Установлено, что гибкость находится в зависимости от химического состава волокна (Авиром С.М., 1958). Волокно с повышенным содержанием целлюлозы обладает высокой гибкостью. Отрицательно влияет на гибкость повышенный процент элементарных волокон, связанных с одревесневшими срединными пластинами. Гибкость связана с анатомическим строением стебля, лучшую гибкость имеют более длинные, тонкие волокна граненой формы, худшую – округлые, крупные в поперечном сечении волокна (Тихвинский С.Ф., 1978).

По данным Т. В. Ремизовой (1980), из физико-механических свойств волокна наибольшее влияние на прядильную способность оказывают гибкость волокна, коэффициент корреляции между гибкостью волокна и номером пряжи – $+0,50-0,75$.

Н. З. Сафиной (2001) выявлены отрицательные корреляции средней и сильной степени между гибкостью волокна и средним диаметром элементарного волокна, коэффициентом вариации диаметра элементарных волокон в одном лубяном пучке и степенью одревеснения элементарных волокон. Этот же автор отмечает положительную связь между гибкостью волокна и средней длиной междоузлия стебля (0,73; 0,54; 0,41) (Сафина Н.З., 2003).

Высококачественные сорта льна-долгунца (1 группа по прядильной способности волокна) характеризуются относительно небольшим количеством листьев на

стебле и длинными междоузлиями стебля. Чем длиннее междоузлия, тем длиннее элементарные волокна, тем лучше форма лубяных пучков, а волокно по форме приближается к форме ленты. Сорты льна-долгунца, имеющие много листьев на стебле, как правило, имеют невысокое качество волокна (Доронин С.В., Тихвинский С.Ф., 2003).

А. А. Шушкин установил (1962), что по прочности, гибкости и тонине волокна можно, пользуясь разработанной им формулой, определять расчетную относительную разрывную нагрузку ($ОРН_P$), характеризующую с достаточной степенью точности фактическую относительную разрывную нагрузку ($ОРН_\Phi$).

Установлена корреляция между диаметром элементарного волокна и гибкостью (0,68–0,73), диаметром и метрическим номером (-0,80–0,82). Выявлены отличия по качеству волокна, которые проявлялись в размере волокнистых пучков и расположении элементарных волокон в пучках (Ремизова Т.В., 1980).

Степень лигнификации лубяных клеток также в значительной степени может характеризовать качественные показатели волокна. Наблюдения Н. А. Ординой (1960) показали, что у образцов льна, обладающих высокими прядильными свойствами, поперечный размер элементарных волокон не превышает 22 мкм, а количество одревесневших элементарных волокон не выходит за рамки 30 % общего их числа.

А. Н. Иванов и А. А. Гурусова (1988) установили критерии хорошего качества льноволокна по химическому составу и структуре: плотность волокна не ниже $1,52 \text{ г/см}^3$, степень одревеснения срединных пластинок не более 20 %.

Качество трепаного волокна в Российской Федерации оценивается по ГОСТ 10330–76, который включает определение следующих показателей: горстевая длина, цвет, гибкость, разрывная нагрузка, недоработка и костра. В ряде льносеющих стран ЕС (Франция и др.), наряду с данными признаками, проводится оценка тонины волокна. По мнению западноевропейских экспертов, именно данный признак, который отражает способность расщепляться на отдельные волокна в процессе прядения, является основополагающим при оценке качества льноволокна и его использовании в текстильной промышленности. Если тонина волокна высокая,

то в поперечном сечении пряжи находится большое количество волокон. Из более тонкой пряжи получаются более мягкие и прочные ткани (Рожмина Т.А. и др., 2017).

Многочисленные исследования взаимосвязей морфо-анатомических, химических, физико-механических параметров и свойств льноволокна позволили выявить основные особенности его формирования, что важно для управления качеством волокна в процессе роста и развития растений льна. Использование современных сортов льна-долгунца с улучшенными свойствами волокна при соблюдении агротехнологий их выращивания позволяет получить конкурентоспособное льносырье для использования в текстильной промышленности.

Разработка новых подходов получения волокнистого льносырья с заданными технологическими параметрами и свойствами на основе использования биологического потенциала культуры является актуальным направлением в современном льноводстве, поскольку данный подход позволяет при минимальных затратах обеспечить получение максимального экономического эффекта.

Урожайность длинного льноволокна непосредственно связана с его качественными характеристиками, одной из которых является номер трепаного льноволокна. Условия 2021 г. (более 166 мм осадков во время вылежки тресты) оказались крайне неблагоприятными для формирования и вылежки тресты, что привело к получению низкокачественного льноволокна за номером от 6,46 до 7,63 у сорта Зарянка и от 6,77 до 7,81 у сорта Пересвет (Носевич М.А. и др., 2025). Средний номер длинного волокна в 2022 г. у сортов составил от 7,27 до 10,65 и от 10,27 до 12,37 соответственно. Самые высокие показатели среднего номера волокна отмечены в 2023 г. у сорта Зарянка – 9,07–12,92, у сорта Пересвет – 8,65–13,18. Наиболее высокий номер длинного волокна у сорта Пересвет (13,18) был получен в варианте гуматы+*Pseudomonas*, а у сорта Зарянка – в варианте N₁₀P₂₀K₄₀+ *Pseudomonas* (12,92).

В среднем за три года проведения опыта наибольший номер (10,03) отмечен у сорта Зарянка при совместном применении минеральных удобрений и штамма

ризобактерий *Flavobacterium* (таблица 13). 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 (Носевич М.А. и др., 2025).

Важнейшие физико-механические свойства льноволокна: линейная плотность, гибкость и разрывная нагрузка. Линейная плотность характеризует толщину волокон, чем ниже данный показатель, тем тоньше будет льняная пряжа. При посевном внесении $N_{10}P_{20}K_{40}$ и *Pseudomonas* при возделывании сорта Зарянка, а у сорта Пересвет – ризобактерий *Flavobacterium* может снизить линейную плотность на 16 и 30 % соответственно (Носевич М.А. и др., 2025)..

Важным свойством льняного волокна является его гибкость, так как в процессе прядения волокно подвергается различным деформациям со стороны рабочих органов станков. Чем больше гибкость волокна, тем выше его прядильные качества. Наибольшей гибкостью в эксперименте отличался сорт Пересвет – 32–38 мм, что выше на 11–25 % в сравнении с сортом Зарянка (Носевич М.А. и др., 2025).

Таблица 13 – Физико-механические свойства волокна раннеспелых сортов льна-долгунца, т/га (среднее за 2021–2023 гг.)

Сорт (Фактор А)	Органоминеральные удобрения, ассоциативные ризобактерии (Фактор В)	Физико-механические свойства волокна			Относительная разрывная нагрузка, расчетная, сн/текс	Средний номер длинного волокна
		линейная плотность, текс	разрывная нагрузка, даН	гибкость, мм		
Зарянка	Контроль	↑ 4,3	→ 9	◆ 28	✗ 9,84	✗ 8,30
	$N_{10}P_{20}K_{40}$	↑ 4,3	→ 9	▲ 31	⚠ 10,84	✗ 8,35
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	↓ 3,1	▼ 7	◆ 30	⚠ 10,65	✗ 8,70
	Гуматы	↔ 4,2	▲ 10	◆ 26	✗ 9,99	✗ 8,94
	<i>Pseudomonas</i>	↑ 4,7	→ 10	◆ 28	✗ 10,42	⚠ 9,92
	$N_{10}P_{20}K_{40}+Pseudomonas$	↔ 3,6	▲ 10	◆ 29	✗ 10,47	⚠ 9,28
	$N_{10}P_{20}K_{40}+Flavobacterin$	↔ 4,3	→ 9	◆ 28	✗ 10,02	✓ 10,03
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	↔ 4,1	▲ 10	◆ 28	✓ 11,40	⚠ 9,74
Пересвет	Контроль	↑ 4,7	▼ 8	● 35	✗ 10,27	⚠ 9,51
	$N_{10}P_{20}K_{40}$	↔ 4,2	▲ 10	● 38	✓ 11,34	✓ 10,05
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	↔ 4,2	▲ 10	● 35	⚠ 10,83	✗ 8,65
	Гуматы	↔ 4,3	→ 9	▲ 32	✗ 10,48	✓ 10,33
	<i>Pseudomonas</i>	↔ 4,1	▲ 11	● 37	✓ 11,29	✓ 10,75
	<i>Flavobacterin</i>	↓ 3,3	▲ 11	▲ 33	✓ 11,95	✓ 10,14
	$N_{10}P_{20}K_{40}+Pseudomonas$	↔ 4,0	▲ 10	▲ 33	⚠ 10,82	✓ 10,52
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	↔ 3,7	▲ 11	● 35	✓ 11,40	✓ 10,77

Наиболее низкая разрывная нагрузка (прочность) отмечалась в 2021 г. из-за условий вылежки льнотресты (перележка), которая составила в среднем по опыту 7,5 даН – у сорта Пересвет и 7,6 даН – у сорта Зарянка. Данный показатель в зависимости от варианта опыта в 2022 г. находился в диапазоне от 6,0 до 14,0 даН у сорта Пересвет и от 6,0 до 10,0 даН у сорта Зарянка. В 2023 г. эти значения по сортам варьировали от 9,0 до 15,0 даН и от 6,0 до 15,0 даН соответственно. У сорта Пересвет разрывная нагрузка повышалась на 1–3 даН или на 9–27 % от применения ассоциативных ризобактерий *Pseudomonas*, *Flavobacterium* и гуматы+*Pseudomonas*. У сорта Зарянка значения прочности были ниже, варьируя в небольшом диапазоне от 9 до 10 даН (Носевич М.А. и др., 2025).

Относительная разрывная расчетная нагрузка оказалась более высокой в 2021 г.: сорт Пересвет – от 10,77 до 13,62 сн/текс, сорт Зарянка – от 9,34 до 13,29 сн/текс. Это обусловлено повышенной линейной плотностью из-за условий вылежки (перележка льносырья), которые привели к значительному снижению прочности льноволокна. Следовательно, обрывность пряжи, полученной из такого волокна, будет более высокой. В среднем за три года относительная разрывная нагрузка у сорта Пересвет составила по вариантам опыта 10,27–11,95 сн/текс, а у сорта Зарянка – 9,84–11,40 сн/текс (Носевич М.А. и др., 2025).

Таким образом, в условиях Ленинградской области выявлена сортовая отзывчивость льна-долгунца на применение органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий. Применяя перед посевом органоминеральные удобрения, ассоциативные ризобактерии и их комбинации, можно повысить физико-механические свойства волокна раннеспелых сортов льна-долгунца (Носевич М.А. и др., 2025).

Припосевное внесение гуматов, $N_{10}P_{20}K_{40}$ с *Pseudomonas*, $N_{10}P_{20}K_{40}$ с *Flavobacterium* и гуматов с *Pseudomonas* у сорта Зарянка способствует снижению линейной плотности длинного волокна, увеличению разрывной нагрузки, расчетной относительной разрывной нагрузки и среднего номера волокна с 8,3 до 8,9–10,0, гибкость составит 26–29 мм.

У сорта Пересвет припосевная обработка семян гуматами, ассоциативными ризобактериями, комбинациями $N_{10}P_{20}K_{40}$ с *Pseudomonas* и гуматов с *Pseudomonas* способствует снижению линейной плотности длинного волокна на 9–30 % (с 4,7 до 3,3–4,3 текс), увеличению разрывной нагрузки на 11–27 % (на 1–3 даН), относительной разрывной нагрузки (расчетной) на 2–10 % (с 10,3 до 10,5–11,4 сн/текс), повышению среднего номера волокна на 8–12 % (с 9,5 до 10,3–10,8), при этом гибкость составит 32–37 мм.

3.6. Урожайность семян льна-долгунца

Анализ данных за три года исследований показал, что на урожайность семян льна-долгунца большее влияние оказывали погодные условия, складывающиеся в период вегетации культуры (фактор А) – 35 %, на долю сорта (фактор В) – 2 %, фон питания (фактор С) – 13 %, взаимодействие год × сорт (АВ) – 18,4 %, год × фон питания (АС) – 7 %, изучаемые агротехнические приемы: сорт × фон питания (ВС) – 4 % и взаимодействие год × сорт × фон питания (АВС) – 9 % (рисунки 12, 13, 14).

Максимальная урожайность семян льна-долгунца у сорта Зарянка (на уровне 0,80–1,03 т/га) получена в 2023 г., что на 9–11% больше по сравнению с 2021 и 2022 гг. Это обусловлено более равномерным поступлением и распределением осадков в течение вегетации культуры (рисунок 12).

В среднем за годы проведения исследований наибольшая урожайность семян у сорта Зарянка получена в контрольном варианте с водой – 1,02 т/га. Применяемые в опыте агротехнические приёмы привели к снижению урожайности семян на 1,0–26,5 % во всех вариантах этого сорта по сравнению с контролем с водой.

У сорта Квартет максимальная урожайность семян льна-долгунца – на уровне 0,64–1,28 т/га – получена в 2022 г., что на 0,7–44% больше по сравнению с 2021 и 2023 гг. (рисунок 13).

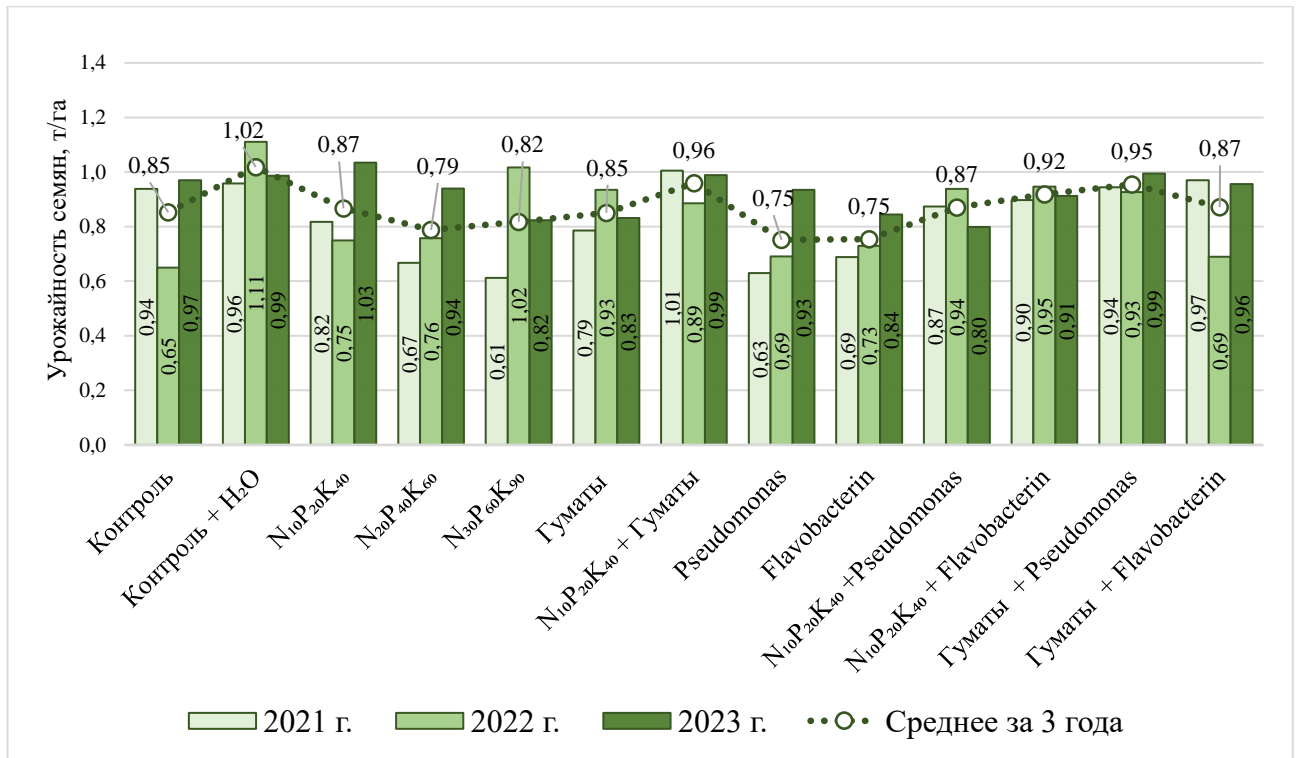


Рисунок 12 – Динамика урожайности семян (т/га) сорта Зарянка при применении органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, за 2021–2023 гг.

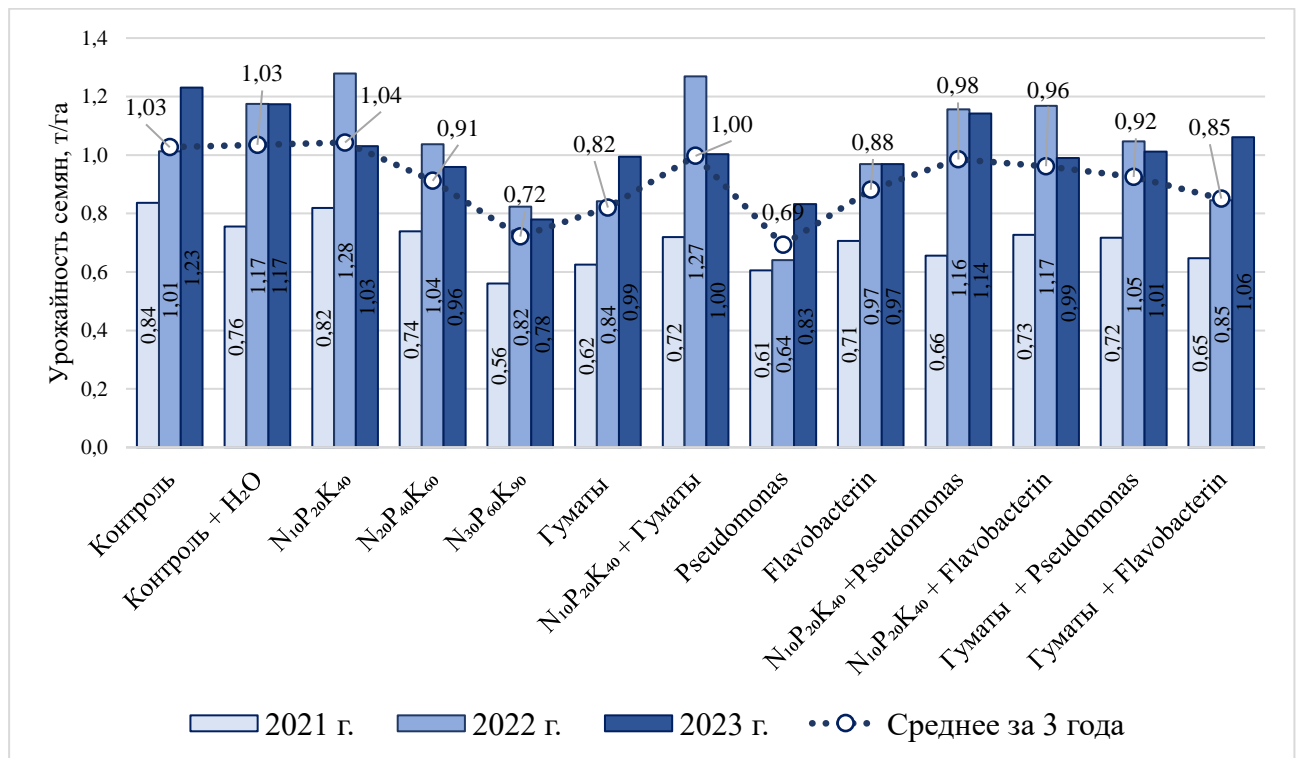


Рисунок 13 – Динамика урожайности семян (т/га) сорта Квартет при применении органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, за 2021–2023 гг.

Наибольшая урожайность семян у сорта Квартет в среднем за годы проведения эксперимента получена в контрольных вариантах и в варианте, где применялись минеральные удобрения в дозе $N_{10}P_{20}K_{40}$ – 1,03 и 1,04 т/га.

Исследуемые агротехнические приёмы способствовали снижению урожайности семян на 30–33 % у этого сорта.

В 2023 г. у сорта Пересвет получена максимальная урожайность семян – 0,99–1,31 т/га, что на 34–74% больше по сравнению с 2021 и 2022 гг. (рисунок 14).

В среднем за годы проведения опыта наибольшая урожайность семян у сорта Пересвет получена в контрольном варианте с водой – 1,01 т/га. Снижение урожайности семян на 3–41 % отмечено во всех вариантах, где изучались различные фоны питания льна-долгунца, в сравнении с контрольным вариантом.

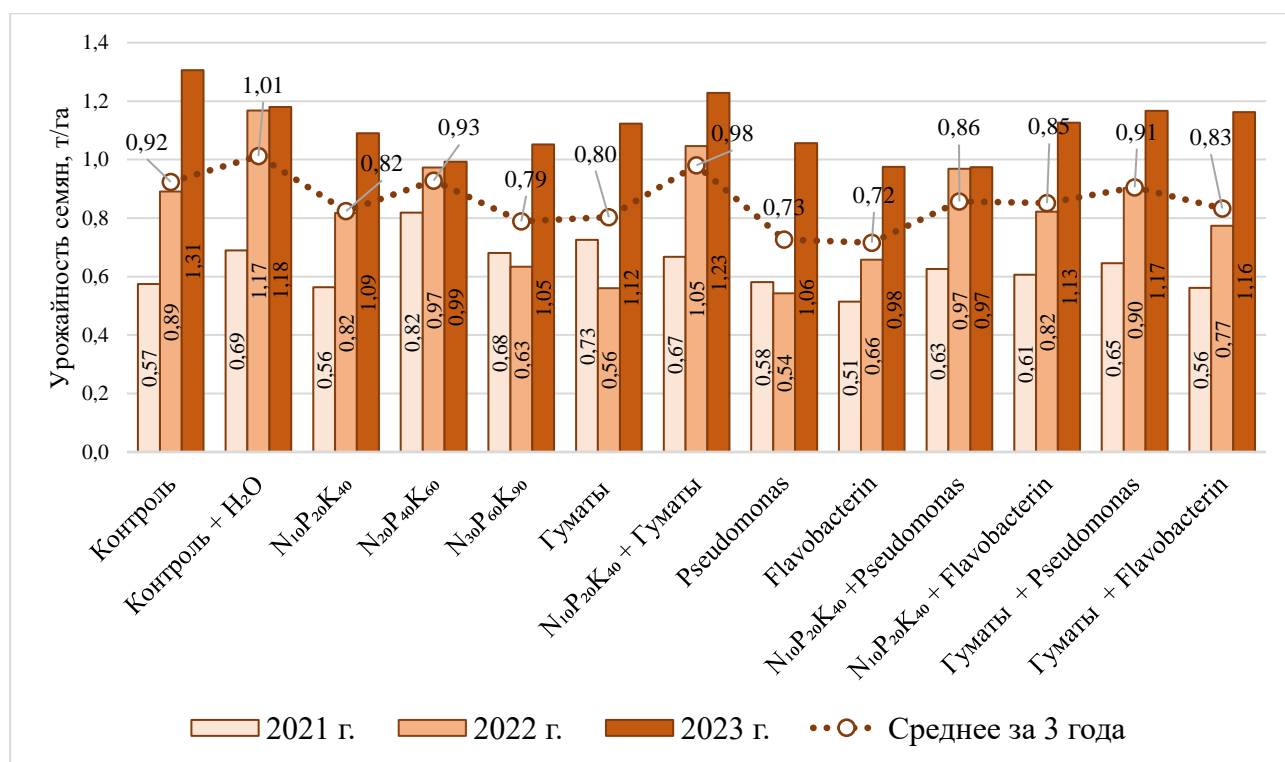


Рисунок 14 – Динамика урожайности семян (т/га) сорта Пересвет при применении органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, за 2021–2023 гг.

В среднем за три года исследований урожайность семян по вариантам опыта изменялась у сорта Зарянка от 0,75 до 1,02 т/га, у сорта Квартет от 0,69 до 1,04 т/га и у сорта Пересвет от 0,72 до 1,01 т/га. Достоверно лучшие показатели по

урожайности семян отмечены у сорта Квартет – 0,91 т/га, что выше на 0,11 и 0,05 т/га в сравнении с сортами Зарянка и Пересвет соответственно при НСР₀₅ 0,03 т/га. Сорт Пересвет по отношению к стандартному сорту Зарянка является достоверно лучшим, так как разница между ними составляет 0,06 т/га.

У всех изучаемых сортов наибольшая урожайность семян (1,01–1,03 т/га) льна-долгунца наблюдалась в варианте контроля с водой. Следует отметить, что у сорта Квартет максимальная урожайность (1,04 т/га) была получена еще в варианте с внесением минеральных удобрений в дозе N₁₀P₂₀K₄₀.

Таким образом, в условиях Ленинградской области на дерново-карбонатных почвах при естественном увлажнении при возделывании на волокно раннеспелых сортов льна-долгунца можно дополнительно получать урожайность семян у сорта Зарянка – 0,80 т/га, у сорта Пересвет – 0,86 т/га и у сорта Квартет – 0,91 т/га.

ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПРИ ПРИПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

На современном этапе в растениеводстве в условиях дефицита финансовых и материальных ресурсов ставятся следующие задачи: снизить затраты на возделывание культуры, получить максимальную отдачу от вложенных средств, при этом увеличить производство и улучшить качество продукции. Усовершенствование системы применения удобрений под отдельные сельскохозяйственные культуры, обеспечивающей ресурсосбережение при высокой рентабельности производства, безусловно актуально (Пироговская Г.В., Милоста Ю.Г., 2013).

Экономическая эффективность – результативность экономической системы, выражающаяся в отношении полезных конечных результатов её функционирования к затраченным ресурсам. Складывается как интегральный показатель эффективности на разных уровнях экономической системы и является итоговой характеристикой функционирования национальной экономики (Якушев И.И., 2016).

Повышение эффективности производства является основным источником ресурсов дальнейшего покупательного развития сельского хозяйства. Эффективность производства отражает его результативность. Повышение эффективности означает, что на каждую единицу затрат и применяемых ресурсов получают больше продукции и дохода. Эффективность определяется путем сопоставления полученного результата и затрат. К наиболее существенным показателям относятся: валовый доход продукции, товарный выход продукции на 1 га пашни или сельскохозяйственных угодий, производительность труда, себестоимость продукции, чистый доход (прибыль), рентабельность, валовый доход (Щербакова А.С., 2017).

Себестоимость – это выраженные в денежной форме затраты на производство единицы продукции. Чистый доход – разница между стоимостью и себестоимостью продукции. Рентабельность – отношение прибыли к себестоимости, выраженное в процентах.

В приложении Е представлена технологическая карта возделывания лучшего по рентабельности сорта льна-долгунца Пересвет при применении гуматов. Аналогичный расчет проводили по каждому варианту опыта с учетом полученных результатов.

Структура затрат при возделывании льна долгунца на волокно представлена на рисунке 15.

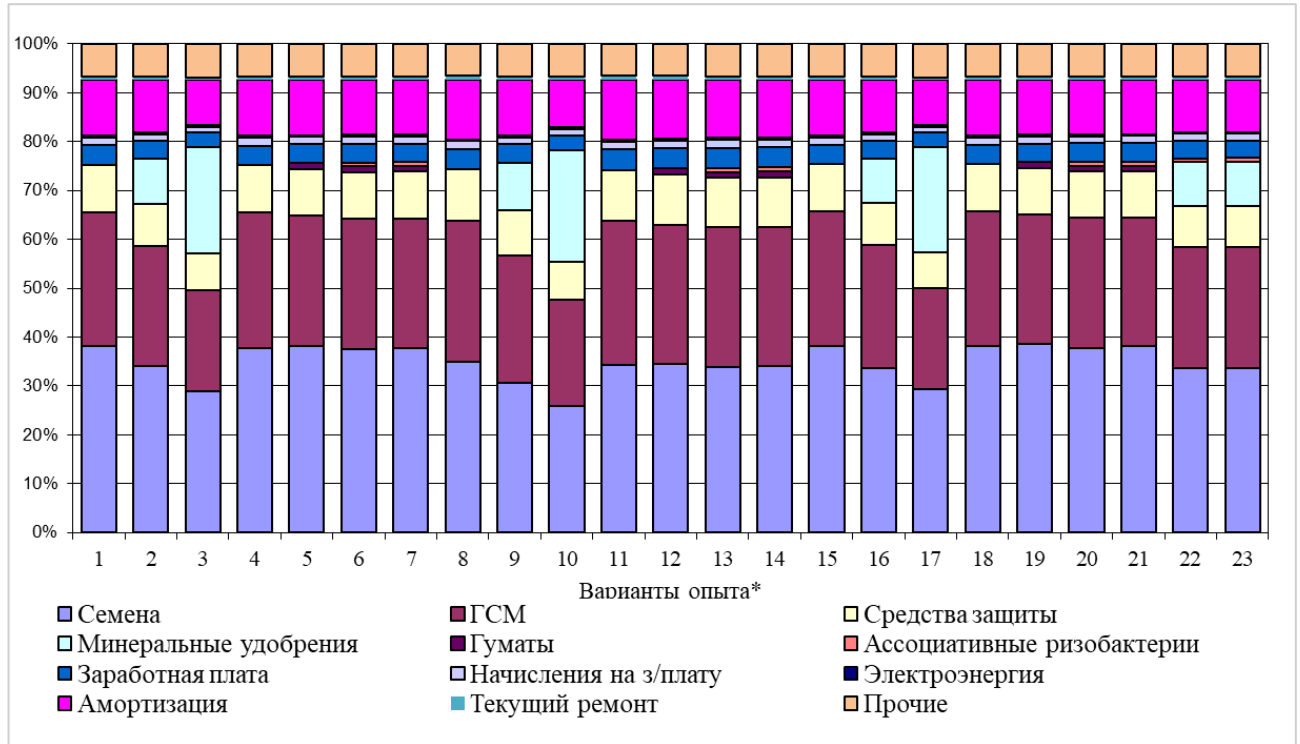


Рисунок 15 – Структура затрат при возделывании льна-долгунца на волокно в условиях Ленинградской области, (среднее 2021–2023 гг.):

*1. Пересвет контроль; 2. Пересвет N10P20K40; 3. Пересвет N30P60K90; 4. Пересвет контроль+N₂O; 5. Пересвет + Гуматы; 6. Пересвет + Гуматы+ *Pseudomonas*; 7. Пересвет + Гуматы+ *Flavobacterium*; 8. Зарянка контроль; 9. Зарянка N10P20K40; 10. Зарянка N30P60K90; 11. Зарянка контроль+N₂O; 12. Зарянка + Гуматы; 13. Зарянка + Гуматы+ *Pseudomonas*; 14. Зарянка + Гуматы+ *Flavobacterium*; 15. Квартет контроль; 16. Квартет N10P20K40; 17. Квартет N30P60K90; 18. Квартет контроль+N₂O; 19. Квартет + Гуматы; 20. Квартет + Гуматы+ *Pseudomonas*; 21. Квартет + Гуматы+ *Flavobacterium*; 22. Квартет N10P20K40+*Pseudomonas*; Квартет N10P20K40+*Flavobacterium*.

Анализ полученных данных показал, что в структуре затрат при возделывании льна-долгунца на волокно наибольшую долю занимали затраты на семена – 34,6 %. Это связано с тем, что использовался посевной материал высоких категорий, что в итоге повлияло на себестоимость продукции, далее шли затраты на горюче-смазочные материалы, которые составили 26 %. Доля затрат на средства за-

щиты составила 9%; амортизационные отчисления на машины и оборудование, организацию и управление производством и прочие прямые затраты были на одном уровне – от 7 до 11 %. Оплата труда и минеральные удобрения в себестоимости продукции составила 4–6 %.

Статьи затрат на текущий ремонт (0,7 %), электроэнергию, гуматы, и ассоциативные ризобактерии занимали в общей структуре затрат менее 1 %.

Таким образом, общие затраты при возделывании льна-долгунца и применении ассоциативных ризобактерий и органоминеральных удобрений составили: у сорта Зарянка от 30 до 40 тыс. руб./га, у сорта Квартет – от 32 до 42 и у сорта Пересвет от 32 до 42 тыс. руб./га (таблица 14).

Таблица 14 – 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	Себестоимость 1 т условной льнопродукции, руб.	Стоимость продукции, руб./га	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
		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

При определении экономической эффективности рассчитали себестоимость, чистый доход и рентабельность возделывания льна-долгунца на волокно с учетом

получения дополнительной продукции – семян (таблица 10). Цена реализации тресты зависела от номера тресты: 0,75 – 6125,45 руб./т, 1,0 – 8692,61 руб./т, 1,25 – 10314,15 руб./т, 1,5 – 11349,69 руб./т, 1,75 – 12341,07 руб./т, 2,0 – 130661,66 руб./т, 2,5 – 14998,14 руб./т. Цена реализации семян льна-долгунца сортов Квартет и Пересвет составила 49 тыс. руб./т, а сорта Зарянка 46,5 тыс. руб./т.

Максимальная себестоимость продукции на уровне 16–17 тыс. руб./т 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 приемов 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 на уровне 23–98 % (таблица 14), кроме вариантов с минеральными удобрениями в дозе $N_{30}P_{60}K_{90}$ у всех изучаемых сортов и контроля у сорта Зарянка, в этих вариантах отмечена отрицательная рентабельность.

У сорта Зарянка наибольшая рентабельность 78 % достигнута при использовании гуматов и комбинации гуматов с ризобактериями *Flavobacterium*.

У сорта Квартет наибольший уровень рентабельности 71 % был достигнут при применении органоминеральных удобрений и *Pseudomonas*. Следует заметить, что комбинированное использование минеральных удобрений и гуматов с ассоциативными ризобактериями также обеспечивает высокий уровень рентабельности – 67–68 % у этого сорта. Самый высокий уровень рентабельности 98 % в опыте получен при возделывании сорта Пересвет с припосевной обработкой семян гуматами, что на 8–14 % выше по сравнению с вариантами, где применялось комбинированное применение гуматов и 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 с водой.

В работе рассчитана рентабельность от полученной прибавки урожая тресты различных сортов льна-долгунца в зависимости от действия изучаемых агротехнических приемов (таблица 15).

Таблица 15 – Чистый доход и рентабельность применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий на раннеспелых сортах льна-долгунца (среднее за 2021–2023 гг.)

Сорт (Фактор А)	Фактор В	±к контролю (треста)	Средняя цена реализации тресты, руб./т	Затраты на фактор В	Чистый доход, руб./га	Окупаемость, руб./руб.	Рентабельность фактора В, %
Зарянка	Контроль	-	-	-	-	-	-
	N10P20K40	0,81	5068	3321,2	1747	1,53	52,6
	N30P60K90	0,44	4635	9096,6	-4461	0,51	-49,0
	Контроль+H2O	-	-	-	-	-	-
	Гуматы	0,72	4505	375	4130	12,01	1101,3
	Гуматы+Pseudomonas	0,37	3898	625	3273	6,24	523,7
	Гуматы+Flavobacterin	0,36	3793	625	3168	6,07	506,8
Квартет	Контроль	-	-	-	-	-	-
	N10P20K40	0,67	4192	3321,2	871	1,26	26,2
	N30P60K90	0,04	464	9096,6	-8633	0,05	-94,9
	Контроль+H2O	-	-	-	-	-	-
	Гуматы	-0,29	-1814	375	-2189	-4,84	-583,9
	Гуматы+Pseudomonas	-0,06	-696	625	-1321	-1,11	-211,3
	Гуматы+Flavobacterin	0,04	464	625	-161	0,74	-25,8
	N10P20K40+Pseudomonas	0,61	7072	3571,2	3500	1,98	98,0
N10P20K40+Flavobacterin	0,56	6492	3571,2	2921	1,82	81,8	
Пересвет	Контроль	-	-	-	-	-	-
	N10P20K40	0,30	2664	3321,2	-658	0,80	-19,8
	N30P60K90	-0,42	-4869	9096,6	-13966	-0,54	-153,5
	Контроль+H2O	-	-	-	-	-	-
	Гуматы	0,40	3552	375	3177	9,47	347,1
	Гуматы+Pseudomonas	-0,08	-1008	625	-1633	-1,61	-261,4
	Гуматы+Flavobacterin	0,02	252	625	-373	0,40	-59,7

Использование гуматов было экономически выгодно только в тех случаях, когда прибавка урожайности от их использования не опускалась ниже 0,4 т/га. У сорта Зарянка от действия гуматов и совместного применения ассоциативных ризобактерий с гуматами получена прибавка льнотресты на уровне 0,36–0,72 т/га, рентабельность в этих вариантах находилась на высоком уровне от – 507 до 1101 %. Благодаря высокой прибавке урожайности тресты (+0,81 т/га) вариант с

использованием минеральных удобрений в дозе $N_{10}P_{20}K_{40}$ у сорта Зарянка себя полностью оправдал, так как рентабельность была положительной и составила 53 %.

Применение минеральных удобрений совместно с ассоциативными ризобактериями является наиболее эффективным приемом с уровнем рентабельности 82 и 98 % на сорте Квартет. В этих вариантах получена прибавка урожайности тресты от 0,56 до 0,61 т/га.

При возделывании сорта Пересвет наибольший эффект был достигнут при применении гуматов, где уровень рентабельности составил 847 %, а прибавка урожайности тресты – 0,4 т/га.

Таким образом, с экономической точки зрения в условиях Ленинградской области для получения стабильных урожаев волокна льна-долгунца высокого качества необходимо: высевать сорт Зарянка с применением гуматов, гуматы + *Flavobacterium* и гуматы + *Pseudomonas*, уровень рентабельности достигнет 76–78 %; сорт Квартет реализует свой потенциал с уровнем рентабельности 67 % при совместном припосевном использовании минеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, а сорт Пересвет необходимо возделывать включая в технологию припосевное внесение гуматов, при этом уровень рентабельности составит 98 %.

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).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авиром, С.М. Научно-исследовательские труды ЦНИИЛВ / С. М. Авиром. – Л.: [б. и.], 1958. –Т. VI. – С. 56–64.
2. Агротехника нового сорта льна-долгунца "Пересвет" / А. Д. Степин, Н. В. Парахин // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4. – С. 17–21. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=YLSECB> (дата обращения: 10.07.2024).
3. Амелин, А.В. Что необходимо знать о сорте, чтобы создать эффективное производство? методические рекомендации / А. В. Амелин, Н. В. Парахин. – Орел: ФГБОУ ВПО Орел ГАУ, 2014. – 31 с.
4. Азам Х., Алмухасне Х. Основы возделывания полевых культур. – Дамаск, 2021. – 175 с. ١٧٥ – ٢٠٢١. دمشق, أساسيات المحاصيل الحقلية. – المحاسنة, حسين. عزام, حسن. صفحة
5. Бадретдинова, И.В., Шумилова, И.Ш. Костра как ценное сырье для производства экологически чистой упаковки // Пищевая промышленность. 2018. №12. – С. 93–95.
6. Безуглова, О.С. Влияние на почвенное плодородие гуминовых удобрений и препаратов / О. С. Безуглова [и др.] // Живые и биокосные системы. – 2016. – № 18. – URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-18/article-1> (дата обращения: 12.07.2024).
7. Белопухов, С.Л. и др. Влияние биостимуляторов на химический состав продукции льноводства [Текст] / Белопухов С. Л., Дмитриевская И. И., Кочаров С. А., Сафонов А. Ф // Известия ТСХА. – 2010. – № . – С. С. 128–131.
8. Биопрепараты в сельском хозяйстве методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве / [И. А. Тихонович, А. П. Кожемяков, В. К. Чеботарь и др.; отв. ред. И. А. Тихонович, Ю. В. Круглов], Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т с.-х. микробиологии. – М.: Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, 2005. – 153 с.

9. Бирюкова, О.В. эндофитная ризобактерия *Klebsjella planticola*, взаимодействие с растением и ценозом микромицетов в фитоплане и ризосфере: автореферат дис. ... кандидата биологических наук / О. В. Бирюкова. – Москва: московская сельскохозяйственная академия имени к. а. Тимирязева, 2001–1 с. – url: <https://rucont.ru/efd/47932> (дата обращения: 25.05.2024)
10. Бобкова, Е.Н Основные пути повышения эффективности производства льна / Бобкова Е. Н [Текст] // Проблемы экономики. – выпуск 2 (7), 2008. – С. 11–17.
11. Борисовец, Т.В. Экономическое содержание и факторы интенсификации зернового производства / Т. В. Борисовец // Агрэкономика. – 2000. – № 3. – С. 30–32.
12. Боронин, А.М. Ризосферные бактерии рода *Pseudomonas*, способствующие росту и развитию растений / А. М. Боронин // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 10. – С. 25–31.
13. Боткин, О.И. Стратегическая цель льноводства России / О. И. Боткин, П. Ф. Сутыгин // Вестник Удмуртского университета. Серия "Экономика и право". – 2015. – № 1.
14. Бочарова, Т.А. Технология хранения и переработки продукции растениеводства с основами стандартизации. Ч. 3. Технические культуры, пивоварение, комбикорма: учеб. пособие / Т. А. Бочарова. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 115 с.
15. Брач, Н.Б. Разнообразие признаков льна, связанных с формированием волокна, и влияние условий выращивания на их проявление / Н. Б. Брач [и др.] // Экологическая генетика. –2010. –Т. 8, № 1. – С. 25–35. – doi: 10.17816/ecogen8125-35.
16. Васько, В.Т. Морфофизиологическая разнокачественность зерновок колоса различных сортов ржи / В. Т. Васько // Морфогенетические показатели продуктивности растений и использование их в селекционно-семеноводческой работе: сб. науч. тр. ЛСХИ. –Л.: [б. и.], 1988. – С. 68–72.

17. Васько, В.Т. Основы семеноведения полевых культур: учеб. пособие / В. Т. Васько. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 301 с.
18. Вавилов, Н.И. Центры происхождения культурных растений: избр. произведения. Т. 1 / Н. И. Вавилов. – Л.: Наука, 1967. – 424 с.
19. Вавилов, Н.И. Ботанико-географические основы селекции / Н. И. Вавилов (акад.); Академия с.-х. наук им. В. И. Ленина, Всесоюзный институт растениеводства НКЗ СССР; [карт. сост. Н. И. Вавилов; картогр. исполн. А. Я. Барсков]. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1935. – 60 с. + [1] отд. л. карт. – Библиогр.: с. 59–60.
20. Валге, А.М. Обработка данных в Excel на примерах: метод. пособие / А. М. Валге. – СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2010. – 104 с.
21. Василенко, Н.Ф. Новый стимулятор прорастания семян / Н. Ф. Василенко // Аграрная наука. – 1997. – № 5. – С. 27.
22. Василенко, А.А. Эффективность применения препарата гумата натрия для предпосевной обработки семян / А. А. Василенко // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Красноярск, 21–23 апр. 2020 г. / редкол.: В. Л. Бопп [и др.]. – Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2020. – Ч. 2. – С. 257–260. – EDN DIDVAC. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=DIDVAC> (дата обращения: 15.07.2024).
23. Васин, В.Г. Растениеводство: учеб. пособие / В. Г. Васин, А. В. Васин, Н. Н. Ельчанинова. – 2-е изд., доп. и перераб. – Самара: СамГАУ, 2009. – 528 с.
24. Вахмистров, Д.Б. Гуминовые кислоты: связь между поверхностной активностью и симуляцией роста растений / Д. Б. Вахмистров // Доклады АН СССР. – 1987. – Т. 293, № 5. – С. 1277–1280.
25. Вильдфлуш, И.Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш. – Минск: Белорусская наука, 2011. – 293 с.
26. Влияние удобрений и биопрепарата на элементы продуктивности льна-долгунца / О. В. Чухина [и др.] // Сельское и лесное хозяйство: инновационные направления развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием

(Вологда-Молочное, 8 дек. 2020 г.). – Вологда: Вологодская ГМХА им. Н. В. Верещагина, 2021. – С. 36–41. – edn lmvdcr. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=lmvdcr> (дата обращения: 15.07.2024).

27. Возняковская, Ю.М. Микрофлора растений и урожай / Ю. М. Возняковская – Москва.: Колос, 1969. – 240 с.

28. Воробейков, Г.А. Исследование эффективности штаммов ассоциативных ризобактерий в посевах различных видов растений / Г. А. Воробейков // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. – 2011. – № 141. – С. 114–123.

29. Гаврилова, А.Ю. Урожайность льна-долгунца и качество волокна в зависимости от возрастающих доз минеральных удобрений / А. Ю. Гаврилова, А. М. Конова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2 (58).

30. Галиуллин, А.К. Микробиологический анализ животноводческих помещений с подстилочными материалами / А. К. Галиуллин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2022. – № 3.

31. Гаркуша, С.В. Адаптивные технологии возделывания масличных культур / С. В. Гаркуша. – Краснодар: ООО «Альбатрос плюс», 2011. – 184 с.

32. Годунова, К.Н. Агротехника высокопродуктивных сортов зерновых культур / К. Н. Годунова. – Москва.: Колос, 1977. – 272 с.

33. Голубев, А.Е. Селекционно-генетические основы сырьевого обеспечения льноводства / А. Е. Голубев. – Москва: [б. и.], 2010. – 260 с.

34. Гончаров, П.Л. Итоги селекции, перспективы и пути совершенствования исследований / П. Л. Гончаров // Селекция сельскохозяйственных культур: итоги, задачи, пути решения. – Новосибирск, 1997. – С. 22–27.

35. Горовая, А.И. Влияние гумусовых соединений и пестицидов на митотический цикл меристем корней / А. И. Горовая // Клеточный цикл растений: материалы 1-го Всесоюз. совещ. / отв. ред. И. Н. Гудков. – Киев: [б. и.], 1983.

36. Горбова, М.А. Изучение сортов льна-долгунца томской селекции в подтаёжной зоне Омской области / М. А. Горбова, А. И. Мансапова // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: сб. материалов 11-й Всерос. конф. молодых учёных и специалистов (Краснодар, 25–26 февр. 2021 г.). – Краснодар: ФНЦ "ВНИИМК им. В. С. Пустовойта", 2021. – С. 44–49. – Doi: 10.25230/conf11-2021-44-49. – Url: <https://elibrary.ru/item.asp?id=oebvst> (дата обращения: 20.09.2024).

37. Горовая, А.И. Роль физиологически активных гумусовых препаратов в регуляции процессов клеточного цикла / А. И. Горовая, А. Ф. Кулик, И. А. Огинова // Регуляция клеточного цикла / отв. ред. И. Н. Гудков. – Киев: [б. и.], 1985.

38. ГОСТ 12037–81. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян [Текст]: утв. и введён в действие Постановлением Госстандарта СССР от 15.01.1981 № 123: взамен ГОСТ 12037–66. – М.: Стандартинформ, 2011. – 34 с. – (Гос. стандарт СССР).

39. ГОСТ 12038–84 (ISO 6350:1989). Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести [Текст]: межгосударственный стандарт: утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 20.03.1984 № 987: взамен ГОСТ 12038–66. – М.: Стандартинформ, 2011. – 30 с. – Система стандартов в области семеноводства). – URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=202611> (дата обращения: 15.07.2024).

40. ГОСТ 12042–80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян [Текст]: межгосударственный стандарт: утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 15.07.1980 № 3456: взамен ГОСТ 12042–66. – М.: Стандартинформ, 2011. – 4 с. – (Система стандартов в области семеноводства). – URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=137520> (дата обращения: 25.01.2025).

41. ГОСТ 26207–91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО [Текст]: государственный стандарт СССР: утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от

23.12.1991 № 2345: взамен ГОСТ 26207–84. – М.: Стандартиформ, 2013. – 11 с. – (Система стандартов в области агрохимических методов исследования). – URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=137520> (дата обращения: 15.07.2024).

42. ГОСТ Р 52325–2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортые и посевные качества. Общие технические условия [Текст]: национальный стандарт Российской Федерации: утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 23.03.2005 № 45-ст: взамен ГОСТ Р 52325–2001. – М.: Стандартиформ, 2009. – 20 с. – (Система стандартов в области семеноводства). – URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=137520> (дата обращения: 20.08.2024).

43. Гращенко, М.Г. О гибкости льноволокна / М. Г. Гращенко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции (технические культуры). – т1963. – Т. 35, вып. 3. – С. 99–105.

44. Гуляев, Г. В. Селекция и семеноводство полевых культур / Г. В. Гуляев, Ю. Л. Гужов – М.: Агропромиздат, 1987. – 447 с.

45. Денисенко, А. Хелатные микроудобрения – залог стабильного урожая / А. Денисенко // Агрофорум. –2020. –№6.

46. Дергачева, М.И. Экологические функции гумуса / М. И. Дергачева // Гуминовые вещества в биосфере: тез. докл. 2-й Междунар. конф. (Москва — Санкт-Петербург, 2003 г.). – М.; СПб.: [б. и.], 2003.

47. Дмитриевская, И.И. Влияние длительного применения удобрений на урожайность льна-долгунца и качество волокна / И. И. Дмитриевская [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 10. – С. 50–52.

48. Добровольская, Т.Г. Структура бактериальных сообществ почв / Т. Г. Добровольская – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – С. 282.

49. Донецкий, К.И. Применение натуральных волокон при изготовлении полимерных композиционных материалов / К. И. Донецкий, А. В. Хрульков // Труды ВИАМ. – 2015. – № 2. (дата обращения: 17.05.2024).

50. Доронин, С.В. Лен-долгунец. Технология возделывания и селекция / С. В. Доронин, С. Ф. Тихвинский. – Киров: ВГСХА, 2003. – 84 с.
51. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования), - 6-у изд., стереотип. – М.: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
52. Дудина, А.Н. Анатомическое строение стебля и качество волокна новых сортов льна-долгунца в государственном сортоиспытании / А. Н. Дудина // Агротехника и биологические основы повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Труды Кировского и Ижевского сельскохозяйственных институтов. – Пермь, 1978. – Т. 59. – С. 56–62.
53. Дуктова, Н.А. Использование анатомических параметров стебля в селекции льна масличного / Н. А. Дуктова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. (дата обращения: 15.07.2024).
- Дюев, И.Ф. Краткий справочник льновода [Текст] / И.Ф. Дюев. – Москва: Моск. рабочий, 1973. – 136 с.
54. Емцев, В.Т. Ассоциативные бактерии *Agrobacterium tumefaciens* ризопланы овощных культур Вьетнама: дисс. ... канд. биол. наук. – Москва, 2015. – 115 с.
55. Ермолаева, Н.И и др. Применение биометода в открытом и защищенном грунте: Использование ризосферных бактерий рода *Pseudomonas* для предпосевной обработки огурцов, капусты и картофеля / Н. И. Ермолаева, Н. И. Иванова, Н. П. Скворцова // Защита растений. 1992. – № 8.
56. Жарких, О.А. и др. Влияние хелатных препаратов на урожай льна-долгунца и качество льнопродукции / О. А. Жарких, И. И. Дмитриевская, С. Л. Белопухов // Плодородие. 2021. №4 (121).
57. Жарких, О.А. Применение новых хелатных удобрений на льне-долгунце / О. А. Жарких, И. И. Дмитриевская // Биологическая интенсификация систем земледелия: опыт и перспективы освоения в современных условиях развития : Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных

наук, профессора, Академика Международной академии аграрного образования, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Заслуженного деятеля науки и техники Ульяновской области Владимира Ивановича Морозова, Ульяновск, 02–03 июля 2021 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, 2021. – С. 130–134.

58. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) / А. А. Жученко. – Теория и практика. В трёх томах. – Т. II. – Москва: Агрорус, 2009. – 1104 с.

59. Жученко, А.А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика). - Москва: Изд. «Агрорус», 2004. Т. 1. – 690 с.

60. Иванов, А.И. Оценка качества льняных волокон на ранних этапах селекции физико-химическими методами: метод. указания / А. И. Иванов, А. А. Гурусова. – Москва: ВАСХНИЛ, 1988. – 24 с. – (Отделение растениеводства и селекции; КТИ; ВНИИЛ).

61. Иванов, А. Гуматы и их роль в сельском хозяйстве / А. Иванов, В. Петров. – М.: Наука, 2020. – 256 с.

62. Иванов, О.Н. Агроэкологическая эффективность гуминовых удобрений / О. Н. Иванов [и др.] // Гуминовые удобрения и их роль в повышении урожайности и охране почв: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Рязань, 14–16 марта 2001 г.). – Рязань: [б. и.], 2001. – С. 22–24.

63. Израэль, Ю.А. Моделирование влияния изменения климата на продуктивность сельского хозяйства России / Ю. А. Израэль, О. Д. Сиротенко // Метеорология и гидрология. – 2003. – № 6. – С. 5–17.

64. Казанцев, В.П. Эффективность ассоциативных азотфиксаторов на льне-долгунце / В. П. Казанцев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 35–1. С. 65–66.

65. Казанцев, В.П. и др. Влияние биологических удобрений на урожайность льна-долгунца / В. П. Казанцев, О. Ф. Хамова, М. А. Горбова // Земледелие, 2013. – №2. – С. 28–30.

66. Казанцев, В.П. Эффективность ассоциативных азотфиксаторов на льне-долгунце // Известия ОГАУ, 2012. – №35–1.
67. Капинос, А.И. Сорт как элемент технологии возделывания льна-долгунца / А. И. Капинос, В. И. Лещенко // Вестник НГАУ. – 2009. – №4 (12). – С. 12–19.
68. Каргопольцев, Л.Н. Сорт Призыв 81 / Л. Н. Каргопольцев, А. Н. Снопов // Лен и конопля. – Москва: ВО Агропромиздат, 1985. – №5. – С. 32–33.
69. Карпова, Л.В. Эффективность применения комплексных жидких удобрений в хелатной форме на фоне естественного и минерального питания растений яровой пшеницы / Л. В. Карпова, Г. А. Карпова, А. В. Строгонова // Нива Поволжья. – 2020. – № 4 (57). – С. 51–57.
70. Карпунин, Б.Ф. Адаптивные реакции льна-долгунца на изменение климатических условий в период вегетации / Б. Ф. Карпунин, И. В. Ущяповский // Земледелие. – 2015. – № 6. – С. 36–39.
71. Карпунин, Ф.М. Сроки уборки / Ф.М. Карпунин // Лен-долгунец. – Москва: Колос, 1976. – С. 240–244.
72. Кидин, В.В. Агрехимия: учебник / В. В. Кидин, С. П. Торшин. – Москва: Проспект, 2016. – 603 с.
73. Кирдей, Т.А. Гуминовые препараты в агротехнологиях // Земледелие. – 2013. – №. 5. – С. 12–14.
74. Коданёв, И.М. Производство зерна / И. М. Коданёв. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1974. – 159 с.
75. Кожемяков, А.П., Лактионов Ю.В. Агротехнологические основы создания усовершенствованных форм микробных биопрепаратов для земледелия // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – № 3. – С. 369–376.
76. Колесников, О.В. Влияние ксенобиотиков и тяжелых металлов на систему микроорганизм – растение.: дис. канд. биол. наук / О. В. Колесников. – Москва, 2012. – 119 С.
77. Корепанова, Е.В. Влияние предпосевной обработки семян микроудобрениями на фотосинтетическую деятельность растений льна-долгунца Восход в

среднем Предуралье / Е. В. Корепанова, И. Ш. Фатыхов, В. Н. Гореева // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 6.

78. Корепанова, Е.В. Урожайность и качество волокна сортов льна-долгунца в условиях Уральского региона Нечернозёмной зоны России / Е. В. Корепанова, В. Н. Гореева, У. К. Чиркова // АгроЭкоИнфо. – 2021. – № 6(48). – DOI 10.51419/20216631. – EDN YFQHJS.

79. Формирование урожайности волокна сортов льна-долгунца в Среднем Предуралье / Е. В. Корепанова // Теория и практика адаптивной селекции растений: материалы IV Нац. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию проф. Е. В. Собенникова и 70-летию агроном. фак. (Ижевск, 11 июля 2024 г.) / Удмурт. гос. аграр. ун-т. – Ижевск: УдГАУ, 2024. – С. 41–46. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=xfaqyi>. (дата обращения :17.09.2023).

80. Кошелева, Л.Л. Физиология питания и продуктивность льна-долгунца / Л. Л. Кошелева. – Минск: Наука и техника, 1980. – 200 с.: ил.

81. Кравченко, Л.В. Роль корневых экзометаболитов в интеграции микроорганизмов с растениями: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.07 / Л. В. Кравченко; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – Москва: [б. и.], 2000. – 45 с.

82. Красина, И.В. Натуральные текстильные волокна и методы их модификации: учеб. пособие / И. В. Красина. – Казань: КНИТУ, 2018. – 84 с.

83. Куделич, В.С. Наследование содержания волокна и отдельно признаков его качества в гибридных популяциях льна-долгунца / В. С. Куделич // Бюл. ВНИИ растениеводства. – 1974. – Вып. 33. – С. 49–56.

84. Кузьменко, Н.Н. Влияние агрометеорологических условий на урожайность и качество льнопродукции / Научные достижения –льноводству // Материалы научно-практической конференции: «Основные результаты и направления развития научных исследований по льну-долгунцу», посвящённой 80-летию образования ВНИИ льна. –Торжок, 2010. – С. 190–195.

85. Кузьмич, М.А. Влияние гуминовых препаратов на почву и растение / М. А. Кузьмич // Агрохимия. – 1990. – № 8. – С. 146–149.

86. Лысак, В.В. Микробиология: учеб. пособие / В. В. Лысак. – Минск: БГУ, 2007. – 426 С.
87. Макаренкова, Л.В. Зависимость урожая и качества льнопродукции от сорта, нормы высева и предпосевной обработки почвы [Текст] / Л. В. Макаренкова // Сб. науч. тр. ВНИИЛ / ВНИИ льна, 1986. – Вып. 23. – С. 163–169.
88. Малашин, С.Н. Влияние ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов на урожайность многолетних злаковых трав: материалы конференции школы молодых ученых и аспирантов Сев.-Зап. науч.-метод. центра Россельхозакадемии (Санкт-Петербург, 2005 г.). – СПб.: [б. и.], 2005. – 50 с.
89. Методика технологической оценки продукции льна и конопли. Москва: [б. и.], 1961. – 181 с. – (Утверждено Минсельхозом СССР).
90. Методические рекомендации по определению качества льноволокна на первых этапах селекции, Торжок, 2008–12 с.
91. Методические указания по проведению полевых опытов со льном долгунцом // Мин. сельского хозяйства СССР. Главное управление хлопководства и лубяных культур. – Москва: Колос, 1978. – 72 с.
92. Миневич, И.Э. Характеристика порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученных из льняного сырья методом распылительной сушки / И. Э. Миневич, Т. Б. Цыганова, В. Я. Черных // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2020. – № 3. – С46–57.
93. Минкевич, И. А. Лен масличный. / И. А. Минкевич, проф. д-р с.-х. наук. – Москва: Сельхозгиз, 1957. – 179 с.
94. Миронов, К.М. Биологическая мочка льна / К. М. Миронов. — М.: Гос. науч.-техн. изд-во легкой промышленности, 1950. – 71 с.
95. Михеев, Н.В. Основы технологии сельскохозяйственного производства: учебное пособие / Н. В. Михеев. – Новочеркасск: Новочерк. инж.-мелиор. ин-т Донской ГАУ, 2019. – 96 с.
96. Муслимов, М.Г. Основы агрономии: учебно-методическое пособие / М. Г. Муслимов, Н. С. Таймазова. – Махачкала: ДагГАУ имени М. М. Джамбулатова, 2022. – 102 с.

97. Налиухин, А.Н. Оптимизация применения минеральных удобрений под лен-долгунец в зависимости от комплекса агрохимических свойств дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны России: 06.01.04 агрохимия: дисс... доктора сельскохозяйственных наук / Налиухин Алексей Николаевич – Москва, 2015–317 с.
98. Небольсин, А.Н. Научно-методические основы оптимизации доз удобрений под основные сельскохозяйственные культуры по агрономическим, экономическим и экологическим параметрам / А. Н. Небольсин [и др.]; под ред. А. Н. Небольсина. – СПб.: Ленингр. НИИСХ, 2003. – 75 с.
99. Нетрусов, А.И. Экология микроорганизмов / А. И. Нетрусов, Е. А. Бонч-Осмоловская, В. М. Горленко [и др.]; под ред. А. И. Нетрусова. – М.: Академия, 2004. – 272 с.
100. Новохацкая, Д.М. «Влияние агротехнических приемов возделывания льна-долгунца на урожайность и качество волокна в условиях Ленинградской области»: диссертация... кандидата Сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / Новохацкая Дарья Михайловна; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»], 2019. – 139 с.
101. Носевич, М.А. Продуктивность различных сортов льна-долгунца при обработке семян бактериальным препаратом / М.А. Носевич // Известия Санкт Петербургского государственного аграрного университета. – 2012. – №27. – С. 82–87.
102. Носевич, М.А. Оценка различных сортов льна-долгунца, используемого на волокно в условиях Ленинградской области / М. А. Носевич // Известия Санкт Петербургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 28. – С. 32–36.
103. Носевич, М.А. Использование органоминерального удобрения лигногумат в технологии возделывания льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) // Известия СПбГАУ. 2023. №2 (71). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-organomineralnogo-udobreniya-lignogumat-v-tehnologii-vozdelyvaniya-lina-maslichnogo-linum-usitatissimum-1> (дата обращения: 23.05.2023).

104. Носевич, М.А., Новохацкая Д.М. Техническая оценка льнопродукции в зависимости от применения биопрепаратов, сортовых особенностей и норм высева льна-долгунца // Научный вклад молодых исследователей в сохранение традиций и развитие АПК: Сборник науч. трудов международной научно-практической конференции молодых учёных и студентов. Ч. III. СПб.: СПбГАУ, 2015. – С. 9–11.

105. Носевич, М.А. Продуктивность различных сортов льна-долгунца при обработке семян бактериальным препаратом / М.А. Носевич // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 27. – С. 82–87.

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

107. Носевич, М.А.^b Морфологические особенности стебля льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) в зависимости от органоминеральных удобрений / М. А. Носевич, Ж. Аль Мерри – Текст: непосредственный // 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.

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

109. Объедков, М.Г. Лен-долгунец [Текст] / Объедков, М.Г. – Москва: Россельхозиздат, 1979 – 223 с.

110. Овчаренко, Я.Э. Льняной подкомплекс – основные тенденции и перспективы развития // Известия СПбГАУ. 2018. №4. – С. 231–234.

111. Орлов, Д.С. Свойства и функции гуминовых веществ / Гуминовые вещества в биосфере – Москва: Наука, 1993. – С. 16–26.

112. Оробинский, Д.Ф. Организация уборки льна и послеуборочной обработки семян в условиях Северо-Западного региона России: монография / Д. Ф. Оробинский. – Вологда-Молочное: ИЦ ВГМХА, 2005. – 259 с.

113. Особенности агротехнических приемов возделывания нового сорта льна-долгунца Квартет / А. Д. Степин, Т. А. Рысева, Г. А. Кострова [и др.] // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3. – С. 33–39.

114. Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2010. – 48 с.

115. Павлов, А.В. Источники высокого качества волокна в коллекции льна-долгунца ВИР и их селекционная ценность: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А. В. Павлов. – СПб.: ВНИИР им. Н. И. Вавилова, 2007. – 20 с. Панников, В. Д. Удобрения, сорт и урожайность / В. Д. Панников // Агротехника, 1980. – № 12. – С. 3–11.

116. Петров, В. Химический состав сапропеля и его применение / В. Петров // Аграрный журнал. – 2018. – № 4. – С. 45–50.

117. Петрова, Л.И. Удобрение / Л. И. Петрова // Лен-долгунец. – М.: Колос, 1975. – 37 с.

118. Пироговская, Г.В., Милоста, Ю.Г. Экономическая эффективность применения комплексных удобрений с модифицирующими добавками в технологии возделывания льна масличного / Г.В. Пироговская, Ю.Г. Милоста // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2013. – №4. – С. 46–54.

119. Попов, А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / А. И. Попов. – 2004. – 96 с.

120. Понажев, В.П., Рожмина, Т.А., Павлова, Л.Н. Лен и конопля: зонально-адаптивные сорта и технологии производства. [Текст] / Понажев, В.П., Рожмина, Т.А., Павлова, Л.Н. – Тверь, 2014 – 323 с.

121. Понажѳв, В.П. Повышение урожайности и качества продукции льна долгунца на основе совершенствования методов и технологий его семеноводства: автореф. дис. доктора с.-х. наук / В. П. Понажѳв. – Москва, 2007. – 42 с.

122. Понажёв, В.П. Производство льна – на уровень современных требований // Защита и карантин растений, 2013. – №2. – С. 6–9.
123. Пономарев, В.А. Рекомендации по защите льна-долгунца от болезней и вредителей: методические рекомендации / В. А. Пономарев. – Иваново: ИГСХА им. акад. Д. К. Беляева, 2018. – 40 с.
124. Попеляева, Н.Н. Лен-долгунец в низкогорьях Горного Алтая: монография / Н. Н. Попеляева, Ю. П. Штабель. – Горно-Алтайск: ГАГУ, 2014. – 119 с.
125. Прудников, В.Л. и др. Система удобрений в севообороте со льном-долгунцом / В. Л. Прудников и др. [Электронный ресурс] // Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт льна»: [сайт]. – URL: <https://institut-lna.by/index.php/ru/nauka/razrabotki/rekomendatsii/40-sistema-udobrenij-v-sevooborote-so-lnom-dolguntsom> (дата обращения: 27.10.2025).
126. Растениеводство: учебник / В. А. Федотов, С. В. Кадыров, Д. И. Щедрина, О. В. Столяров. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 336 с.
127. Реакция сортов льна-долгунца на нормы высева, сроки сева и оптимизацию минерального питания на дерново-подзолистых сред неокультуренных почвах в условиях Псковской области / А. Д. Степин, М. Н. Рысев, Т. А. Рысева [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – Т. 21, № 6. – С. 764–776. – DOI 10.30766/2072–9081.2020.21.6.764–776 (дата обращения: 06.01.2022).
128. Ремизова, Т.В. Комбинационная способность сортов и образцов льна-долгунца по качеству волокна //Труды ВНИИЛ. - Торжок. - 1980. – Вып. 17. с. 30–34.
129. Рогаш А.Р. Льноводство / А. Р. Рогаш, Н. Г. Абрамов, В. А. Толковский. – Москва: Колос, 1967. – 583 с.
130. Рогаш, А.Р. Ботаническая, хозяйственная характеристика и биологические особенности льна-долгунца / А.Р. Рогаш // Лен-долгунец. – М.: Колос, 1976. – С. 21–39.
131. Рожкова, А.В. Проблемы и перспективы развития отрасли льноводства в России // Эпоха науки. 2021. №27.

132. Рожмина, Т.А. Роль генофонда льна-долгунца в решении проблемы качества льноволокна / Т.А. Рожмина, Н.В. Кишлян, Л. М. Голубева, Т. А. Кудряшова // Материалы международной научно-практической конференции. – Вологда, 2011. – С. 43–47.
133. Рожмина, Т.А., Понажёв В.П. Состояние и перспектива развития льняного сектора России. // Вестник Российской Академии естественных наук, 2015. – № 1. – С. 59–63.
134. Рожмина, Т.А. Внутривидовое разнообразие льна культурного (*Linum usitatissimum* L.) и его роль в решении проблемы сырьевого обеспечения страны / Рожмина Т.А., Рыжов А. И., Куземкин И.А., Киселева Т. С. // Достижения науки и техники АПК. 2017. – Т. 31. – № 12. – С. 17–20.
135. Поиск перспективных генотипов льна-долгунца с высоким качеством волокна / Т. А. Рожмина, Н. В. Мельникова, А. А. Дмитриев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2024. – Т. 38, № 10. – С. 70–75. – DOI 10.53859/02352451–2024–38–10–70 (дата обращения :21.02.2025).
136. Россия среди ключевых стран-производителей натуральных волокон [Электронный ресурс] // Dzen. – 2022. – URL: <https://dzen.ru/a/Yrmpok9tuxabw7xd> (дата обращения :10.01.2025).
137. Росстат / [Электронный ресурс] // Бюллетени о состоянии сельского хозяйства: [сайт]. – URL: <https://web.archive.org/web/20210503013313/https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>. (дата обращения: 13.03.2025).
138. Рудаков, О.Б и др. Химический состав и экспертиза качества / О. Б. Рудаков, А. Н. Пономарев, К. К. Полянский, А. В. Любарь. – Москва: ДеЛи принт, 2005. – 95 с.
139. Рыжов, А.И. Роль сорта льна и агроприемов его выращивания в повышении качества волокна / А. И. Рыжов, Т.А. Рожмина, Т. А. Кудряшова, Т. С. Киселева // Электронный журнал «Технологии XXI века в легкой промышленности», 2013. – № 7.

140. Рысев, М.Н., Кострова, Г.А., Рысева, Т.А. Влияние предшественников и концентрации посевов льна-долгунца в севообороте на урожайность и качество льнопродукции // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2.
141. Рысев, М.Н. Основные направления селекции льна-долгунца в условиях Северо-Запада России на современном этапе / М. Н. Рысев, М. Л. Никандрова, Т. А. Рысева // Современные проблемы на Северо-Западе РФ. – Псков, 2000. – С. 14–15.
142. Савельев, В.А. Растениеводство: учебное пособие для вузов / В. А. Савельев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 316 с.
143. Садовникова, Л.К. Использование гуминовых удобрений для рекультивации и охраны почв // Гуминовые удобрения и их роль в повышении урожайности и охране почв: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, 14–16 марта 2001 г. – Рязань, 2001. – С. 9.
144. Самсонова, Н.Е. Основы минерального питания растений и технологий применения удобрений: учебное пособие / Н. Е. Самсонова. – Смоленск: Смоленская ГСХА, 2021. – 256 с.
145. Сафина, Н.З. Качество волокна новых зарубежных сортообразцов льна-долгунца / Н. З. Сафина, С. Ф. Тихвинский // науке нового времени – знания молодых: Тез. докл. научн. конф. аспирантов и соискателей. – Киров, 2001. – С. 33–35.
146. Свойства почвы и урожай: (Влияние свойств почвы и удобрений на стойкость и урожайность растений) / Н. С. Авдонин. - Москва: Колос, 1965.
147. Семеновко, Н.Н. Азот в земледелии Беларуси / Н. Н. Семеновко, Н.В. Невмержицкий. – Мн.: Хата, 1997. – 193 с.
148. Сергеев, К. Семеноводство и селекции в России / К. Сергеев // Ресурсосберегающее земледелие. – 2011. – № 2 (10). – С. 21–24.
149. Соколов, М.С. Биологическая защита растений в США / М. С. Соколов, Е.В. Литвишко // Защита растений, 1993. – № 11. – С. 18–20.
150. Соловьев, А.В. Агрехимия и биологические удобрения / Соловьев А. В., Надежника Е. В., Лебедева Т. Б. – Москва, 2011. – С. 18–25.

151. Сорокина, О.Ю. Анализ изменения оптимальных доз минеральных удобрений под лен-долгунец // *Агрохимический вестник*. 2014. №3. – С. 16–19.
152. Сорокина, О.Ю. Продуктивность льна-долгунца в зависимости от метеоусловий, удобрений и сорта / О. Ю. Сорокина // *Агрохимический вестник*. – 2022. – № 3. – С. 23–27. – DOI 10.24412/1029–2551-2022-3-004.
153. Сорокина, О.Ю. Эффективность применения микробиологических удобрений в сочетании с минеральными и органоминеральными на продуктивность льна-долгунца / О. Ю. Сорокина // *Научные основы устойчивого развития сельскохозяйственного производства в современных условиях: Сборник научных трудов по материалам XVI научно-практической конференции с международным участием, Калуга, 07 апреля 2023 года / Под редакцией В.Н. Мазурова. – Калуга: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха", 2023. – С. 23–28. – EDN WAUAYW.*
154. Сорокина, О.Ю. Управление продуктивностью льна-долгунца путем оптимизации минерального питания / О. Ю. Сорокина // *Агрохимия*. – 2024. – № 8. – С. 42–49. – DOI 10.31857/S0002188124080067. – EDN CDWWLL.
155. *Справочник агрохимика / В.В. Лапа, Н. И. Смян, И. М. Богдевич, А.Ф. Черныш. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с. – ISBN 978-985-08-0826-3.*
156. Степин, А.Д. Влияние микробиологических препаратов комплексного действия на продуктивность и устойчивость к фитопатогенам льна-долгунца / А. Д. Степин, Т. Г. Астратова, А. С. Митюков // *Агрофизика*. – 2017. – № 1. – С. 44–50.
157. Суков, А.А. Система удобрений: учебное пособие / А. А. Суков. – Вологда: ВГМХА им. Н. В. Верещагина, 2016. – 94 с.
158. Суров, В.В., Чухина, О.В. Продуктивность льна-долгунца на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в севопольном севообороте при применении удобрений и биопрепарата // *Молочнохозяйственный вестник*. 2018. №2 (30). – С. 76–88.

159. Сытников, Д.М. Биотехнология микроорганизмов азотфиксаторов и перспективы применения препаратов на их основе // *Biotechnologia Acta*, 2012. – №4. – С. 34–45.
160. Сычев, В.Г., Бугаев, П.Д., Козленко, А.А. Семенная продуктивность льна-долгунца при использовании регуляторов роста // *Плодородие*. 2009. №6.
161. Танфильев, Г.И. Очерк географии и истории главнейших культурных растений / Г.И. Танфильев. – Госиздат Украины, Одесса, 1923. – 192с.
162. Терещенко, Н.Н. Эффективность бактеризации льна-долгунца микробными изолятами из вермикомпоста / Н. Н. Терещенко, А. В. Кравец, А. И. Чиганова, Н. Б. Рогальская, Е. Е. Акимова // *Вестник КемГУ*, 2015. – №4–3 (64). – С. 111–114.
163. Терентьев, В.А. и др. Вероятный механизм действия гуминовых веществ на живые клетки / В. А. Терентьев, Ю. А. Завгородняя, В. В. Демин // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Гуминовые удобрения и их роль в повышении урожайности и охране почв»*, 14–16 марта 2001 г. – Рязань, 2001. – С. 38.
164. Технология производства продукции растениеводства: учебное пособие / составители Ч. М. Исламова, Э. Ф. Вафина. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. – 116 с.
165. Тихвинский, С.Ф. Улучшение качества прядильного льна / С. Ф. Тихвинский. – Ленинград: [б. и.], 1978. – 112 с.
166. Тихвинский, С.Ф., Тихомирова, В.Я. К методике анатомических исследований стебля льна-долгунца // *Селекция, семеноводство, агротехника возделывания льна-долгунца: Сб. науч. тр. ВНИИЛ. Вып.11.* – Торжок, 1973. – С. 104–107.
167. Тихвинский, С.Ф. Приемы повышения урожайности льна-долгунца и качества льнопродукции / С. Ф. Тихвинский, В. Я. Тихомирова. – Москва: ВНИИТЭИСХ, 1977. – 56 с.
168. Тихомирова, В.Я. Урожайность и качество волокнистой льнопродукции при разной обеспеченности почвы фосфором и калием // *Плодородие*, 2010. – № 1. – С. 9–10.

169. Тихомирова, В.Я. Органоминеральное удобрение для льна-долгунца (рекомендации) / В. Я. Тихомирова, Н. Н. Кузьменко // Научные разработки по селекции, семеноводству, возделыванию, уборке и первичной переработке льна долгунца (результаты работ за 1990–2000 гг.). – Торжок, 2000. – С. 41–42.

170. Тишкова, О.В. Развитие и размещение льноводства в центральном федеральном округе: Автореф. дис... канд. экон. наук. – Москва, 2014. – 18 с.

171. Ткач, А.В., Порфилов П. А. Перспективы экономического развития льноводства России с использованием кооперативных форм / А. В. Ткач, П. А. Порфилов // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 9. – С. 6–8.

172. Торики В.Е., Шаков В.М., Романова И.Н. Эффективность агроприемов возделывания новых сортов льна-долгунца на юго-западе Нечерноземья России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-agropriemov-vozdelyvaniya-novyh-sortov-lna-dolguntsa-na-yugo-zapade-nechernozemya-rossii> (дата обращения: 22.03.2022).

173. Торики, В.Е. Агрехимические и экологические основы адаптивного земледелия: учебное пособие для вузов / В. Е. Торики, Н. М. Белоус, О. В. Мельникова. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 228 с.

174. Угрюмов, С.А. и др. Костра льна как сырье для производства композиционных материалов / С. А. Угрюмов, Е. А. Боровков, А. Е. Щербаков // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2006. – № 14. – С. 171–172.

175. Усков, И.Б., Державин Л. М. Эффективность удобрений и продуктивность земледелия при глобальном изменении климата // Плодородие. – 2008. №2. – С. 7–9.

176. ФГУ «Агентство по производству и первичной обработке льна и конопли "Лен"». Перечень льноперерабатывающих предприятий на 01.01.2021 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sub.clearspending.ru/receiver/001X8660/?ysclid=mbbxqj3dw633772184> (дата обращения: 01.06.2022).

177. Хамутовский, П.Р. Раннеспелые сорта льна-долгунца селекции республиканского унитарного научного предприятия «Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция Национальной академии науки Беларуси» / П. Р. Хамутовский, Л. Н. Каргопольцев // Проблемы повышения технологического качества льна-долгунца: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Торжок, 2005. – С. 49–56.
178. Хан, Д.В. Органоминеральные соединения и структура почвы / Д. В. Хан. – Москва: [б. и.], 1969. – 144с.
179. Хмелевская, И.А. Рост, минеральное питание и продуктивность льна-долгунца при обработке семян бактериальными препаратами: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. СПб, 1997. – 18 с.
180. Ходянкова, С.Ф. Динамика потребления питательных элементов в онтогенезе льна-долгунца / С. Ф. Ходянкова // Агрехимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 29–31.
181. Чегодаева, Е.Д. Основы сельского хозяйства: учебное пособие / Е. Д. Чегодаева. – Саранск: МГПИ им. М. Е. Евсевьева, 2013. – 150 с.
182. Чекмарёв, П.А. и др. Специализированные ресурсосберегающие технологии возделывания льна-долгунца на волокно и семена / П. А. Чекмарёв, Б. Ф. Карпунин, В. Г. Савенко, Ю. Б. Карацеева – Москва: ФГУ РЦСК, 2010. – 92 с.
183. Чекмарев, П.А., Поздняков, Б.А., Павлова, Л.П. Зонально-адаптивные технологии производства льна-долгунца. – Москва: ФГБНУ «Росинформагротех» – 2011. – С. 184.
184. Чудинова, Ю.В. Эколого-генетические аспекты возделывания льна в условиях Западно-Сибирского региона: монография / Ю. В. Чудинова. – Новосибирск: НГАУ, 2014. – 161 с.
185. Чухина, О.В. Продуктивность культур при применении удобрений и микропрепаратов в звене полевого севооборота со льном-долгунцом / О.В. Чухина // Молочнохозяйственный вестник, 2013 – №4 (12). – С. 51–57.

186. Шайкова, Т.В. Микробиологические препараты и их роль в повышении продуктивности и оздоровлении посевов льна-долгунца / Т. В. Шайкова, А. Д. Степин // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии, 2018. – № 2. – С. 31–37.
187. Шаманин, В.П. Частное семеноводство полевых культур: учебное пособие / В. П. Шаманин, А. Ю. Трущенко. – Омск: Омский ГАУ, 2017. – 423 с.
188. Шаров, И.Я., Логинова, Л.А., Ливанская, Г.А. Сорты льна-долгунца с хорошей продуктивностью и качеством волокна / И. Я. Шаров, Л. А. Логинова, Г. А. Ливанская // Материалы международной научно-практической конференции (Торжок, 2005 г.). – Торжок: [б. и.], 2005. – С. 34–40.
189. Шиндин, А.П. Лен. Технологии возделывания и защиты от вредных организмов. – Москва, 2012 – 41 с.
190. Шушкин, А.А. Технологическая оценка селекционных сортов льна. Москва: Ростехиздат, 1962. – 104 с.
191. Agriculture Egypt, 2023. "دراسة حول تأثير الأصناف المختلفة لنبات الكتان على الإنتاجية". متاح على <https://agricultureegypt.com>
192. Al-Taey, D.K.A., Majid, Z.Z., 2018. Study effect of kinetin, biofertilizers, and organic matter application in lettuce under salt stress. *Journal of Global Pharma Technology* 10 (1), С–148–164.
193. Bacon, P.E. Nitrogen Fertilization in the Environment. 1st ed. – New York: Marcel Dekker, 1995. – 608 p.
194. Barka, E.A., et al. Taxonomy, physiology, and natural products of Actinobacteria // *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. – 2016.
195. Conrad, R., Aragno, M., Seiler, W. Production, and consumption of hydrogen in a eutrophic lake // *Applied and Environmental Microbiology*. – 1983. – Vol. 45. – P. 502–510.
196. Cullis, C Flax // *Oilseeds*, 2007. – P. 275–295.
197. De Caram, G.A., Angeloni, P., Prause, J. Determination of the nitrogen dilution curve in different phenological phases of sunflower [Determinación de la curva de

dilución de nitrógeno en diferentes fases fenológicas del girasol] // Agricultura Técnica. – 2007. – Vol. 67, no. 2. – P. 189–195.

198. Diederichsen, A., Richards, K.W. Cultivated flax and the genus *Linum* L.: Taxonomy and germplasm conservation // Flax: The genus *Linum* / ed. A. Diederichsen, K. W. Richards. – Boca Raton: Taylor & Francis, 2003. – P. 22–54.

199. Fagundes, J.D., Santiago, G., De Mello, A.M., Bellé, R.A., Streck, N.A. Growth, development, and delay of leaf senescence in pot-grown sunflower (*Helianthus annuus* L.): Sources and rates of nitrogen [Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): Fontes e doses de nitrogênio] // Ciencia Rural. – 2007. – Vol. 37, no. 4. – P. 987–993.

200. Foulk, J.A., Akin, D.E., Dodd, R.B. Influence of flax variety, year, and location on fiber characteristics // Journal of Natural Fibers. – 2004. – Vol. 1, no. 1. – P. 23–38.

201. Glick, B.R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world // Microbiological Research. – 2014. – Vol. 169, no. 1. – P. 30–39.

202. Goodfellow, M., et al. *Streptomyces in Nature and Medicine*. – Oxford: Oxford University Press, 2012.

203. Hall, L.M., Booker, H., Siloto, R. M. P., Jhala, A.J., Weselake, R.J. Flax (*Linum usitatissimum* L.) // Industrial Oil Crops. – Urbana: AOCS Press, 2016. – P. 157–194.

204. IndexBox / [Электронный ресурс] // Global flax fiber market overview 2021: [сайт]. – URL: <https://www.indexbox.io/store/world-flax-fiber-market-report-analysis-and-forecast-to-2020/?ysclid=mawe0owa2t212265241-2021>. (дата обращения: 30.01.2025).

205. Jackson, J.B. Historical overfishing, and the recent collapse of coastal ecosystems // Science. – 2001. – Vol. 293, no. 5530. – DOI: 10.1126/science.1059199.

206. Moreno, F., Cayuela, J.A., Fernandez, J. E., Fernandez-Boy, E., Murillo, J.M., Cabrera, F. Water balance and nitrate leaching in an irrigated maize crop in SW Spain // Agricultural Water Management. – 1996. – Vol. 32. – P. 71–83.

207. Podile, A.R., Kishore, G.K. Plant growth-promoting rhizobacteria // *Plant-Associated Bacteria* / ed. S. S. Gnanamanickam. – Dordrecht: Springer, 2006. – P. 19–230.
208. Prat, S. The effect of humus substances on regeneration of plants // *Studies about Humus: Proc. Symp. Humus and Plant* / Eds. S. Prat, V. Rypáček. – Prague, 1962. – P. 694.
209. Response of oil flax varieties to abiotic conditions of the Middle Cis-Ural region by formation of seed yield / V. Goreeva, E. Korepanova, I. Fatykhov, C. Islamova // *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. – 2020. – Vol. 48, No. 2. – P. 1005–1016. – DOI 10.15835/nbha48211895. – EDN JSUNBU.
210. Schroth, M.N., Hancock, J.G. Disease-suppressive soil, and root-colonizing bacteria // *Science*. – 1982. – Vol. 216. – P. 1376–1381.
211. Seipke, R.F., et al. Streptomyces as symbionts of plants // *Molecular Microbiology*. – 2012. – Vol. 84, no. 3.
212. Shimanskaya, N.S. The efficiency of using complex micronutrient fertilizers, humates and biological preparations in the technology of growing fiber flax / N. S. Shimanskaya, I. V. Uschapovskiy, O. V. Savina // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Yekaterinburg, 15–16 октября 2021 года. – Yekaterinburg, 2022. – P. 012052. – DOI 10.1088/1755-1315/949/1/012052. – EDN LWSTZS.
213. Singh, N., Mehta, R. Growth, and biomass accumulation in biofertilizer-treated flax crops // *Agricultural Science Review*. – 2021. – Vol. 25, no. 4. – P. 400–420.
214. Škarpa, P., Lošák, T. Changes in selected production parameters and fatty acid composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in response to nitrogen and phosphorus applications // *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. – 2008. – Vol. 56, no. 5. – P. 203–210.
215. Sladky, Z. Uber den Einfluss einiger Humusfraktionen auf den anatomischen Bau der Pflanzen // *Studies about Humus: Proc. Symp. Humus and Plant* / Eds. S. Prat, V. Rypáček. – Prague, 1962.
216. Williams, T., Clarke, D. Economic benefits of crop diversification in fiber crops // *Agronomy Research*. – 2018. – Vol. 22, no. 3. – P. 200–220.

صباح محمود ، نمر يوسف ، نصر ريماء رباح ، 2013 – إنتاج محاصيل الألياف وتكنولوجياها . 217.
الجزء النظري . منشورات كلية الزراعة ، جامعة دمشق ، 352 صفحة

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А – Динамика количества возшедших и сохранившихся растений льна-долгунца

Таблица А1 – Количество возшедших и сохранившихся растений льна-долгунца, шт./м², за 2021 г.

Вариант опыта	Количество возшедших растений, шт./м ²	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	Количество возшедших растений, шт./м ²	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	Количество возшедших растений, шт./м ²	Количество растений перед уборкой, шт./м ²
	Зарянка		Квартет		Пересвет	
Контроль	1519	1292	1855	1615	1929	1761
Контроль+Н ₂ О	1742	1516	2027	1817	2120	2042
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	1548	1328	1531	1272	1430	1232
N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	1737	1529	1803	1561	1520	1308
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	1184	891	1375	1110	1286	1013
Гуматы	1813	1623	1889	1801	2092	1981
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	1845	1592	1775	1533	1446	1267
Pseudomonas	1900	1654	1835	1592	1621	1386
Flavobacterium	1816	1586	1845	1576	1680	1487
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Pseudomonas	1763	1496	1759	1545	1859	1642
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Flavobacterium	1614	1302	1898	1640	1784	1503
Гуматы+Pseudomonas	2024	1849	1892	1653	1875	1667
Гуматы+Flavobacterium	1738	1582	2009	1940	2065	1928

Таблица А2 – Количество взошедших и сохранившихся растений льна-долгунца, шт./м², за 2022 г.

Вариант опыта	Количество взошедших растений, шт./м ²	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	Количество взошедших растений, шт./м ²	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	Количество взошедших растений, шт./м ²	Количество растений перед уборкой, шт./м ²
	Зарянка		Квартет		Пересвет	
Контроль	1373	1015	1567	1196	1428	1056
Контроль+Н ₂ О	1751	1529	1569	1316	1343	1125
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	1311	793	1310	891	1214	792
N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	1296	975	1379	929	1220	903
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	1102	742	1260	823	1233	834
Гуматы	1632	1346	1630	1378	1724	1382
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	1456	861	1326	1047	1240	850
Pseudomonas	1673	1451	1632	1385	1527	1241
Flavobacterium	1459	1205	1731	1483	1540	1207
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Pseudomonas	1375	775	1358	1040	1449	1044
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Flavobacterium	1686	1183	1452	1135	1378	972
Гуматы+Pseudomonas	1756	1447	1465	1188	1415	1125
Гуматы+Flavobacterium	1555	1225	1640	1245	1517	1214

Таблица А3 – Количество взошедших и сохранившихся растений льна-долгунца, шт./м², за 2023 г.

Вариант опыта	Количество взошедших растений, шт./м ²	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	Количество взошедших растений, шт./м ²	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	Количество взошедших растений, шт./м ²	Количество растений перед уборкой, шт./м ²
	Зарянка		Квартет		Пересвет	
Контроль	1021	718	1445	1140	1288	967
Контроль+Н ₂ О	1247	1027	1673	1458	1530	1218
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	1172	788	1185	952	1264	1011
N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	1055	755	1293	936	1362	997
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	1021	623	1214	786	1155	792
Гуматы	1136	916	1839	1512	1631	1366
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	1126	741	1486	1263	1103	905
Pseudomonas	1129	938	1505	1287	1458	1231
Flavobacterium	1339	989	1763	1481	1541	1222
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Pseudomonas	1080	696	1668	1341	1115	917
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Flavobacterium	1190	836	1356	1072	1260	985
Гуматы+Pseudomonas	1474	1099	1623	1452	1452	1223
Гуматы+Flavobacterium	1458	1118	1696	1353	1585	1265

Таблица А4 – Количество взошедших и сохранившихся растений льна-долгунца, шт./м², среднее за 2021–2023 гг.

Вариант опыта	Количество взошедших растений, шт./м ²	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	Количество взошедших растений, шт./м ²	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	Количество взошедших растений, шт./м ²	Количество растений перед уборкой, шт./м ²
	Зарянка		Квартет		Пересвет	
Контроль	1304	1008	1622	1317	1548	1261
Контроль+Н ₂ О	1580	1358	1756	1530	1664	1462
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	1344	970	1342	1038	1302	1012
N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	1363	1086	1492	1142	1367	1069
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	1102	752	1283	906	1225	880
Гуматы	1527	1295	1786	1563	1816	1576
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	1476	1065	1529	1281	1263	1007
Pseudomonas	1567	1347	1657	1421	1535	1286
Flavobacterium	1538	1260	1779	1514	1587	1305
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Pseudomonas	1406	989	1595	1309	1475	1201
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Flavobacterium	1496	1107	1569	1282	1474	1153
Гуматы+Pseudomonas	1751	1465	1660	1431	1581	1338
Гуматы+Flavobacterium	1584	1308	1781	1512	1722	1469

Приложение Б – Вариабельность показателей морфологической структуры стебля раннеспелых сортов льна-долгунца в зависимости от приемов возделывания

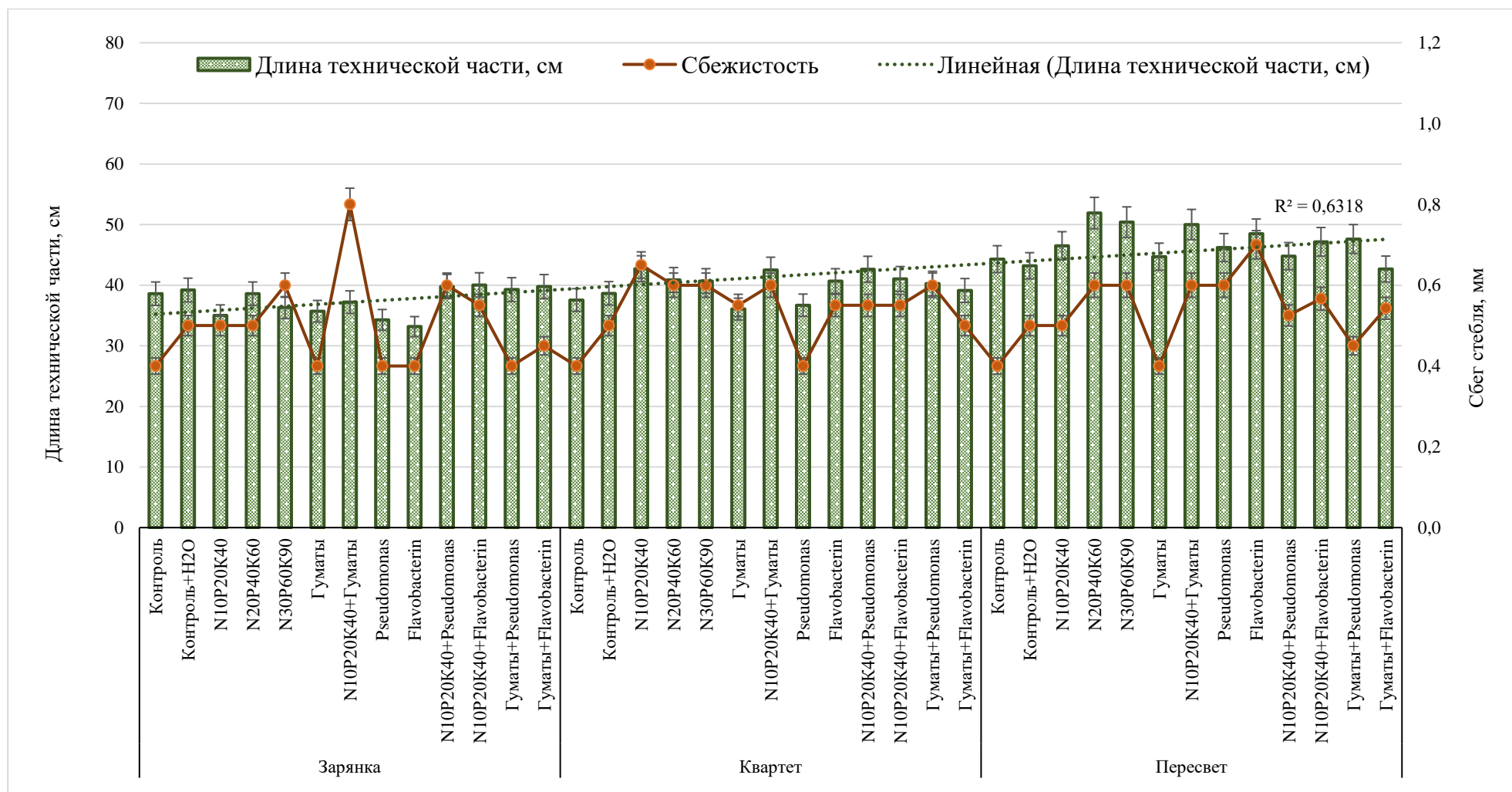


Рисунок Б1 – Длина технической части (см) и сбежистость (мм) стебля льна-долгунца, за 2021 г.

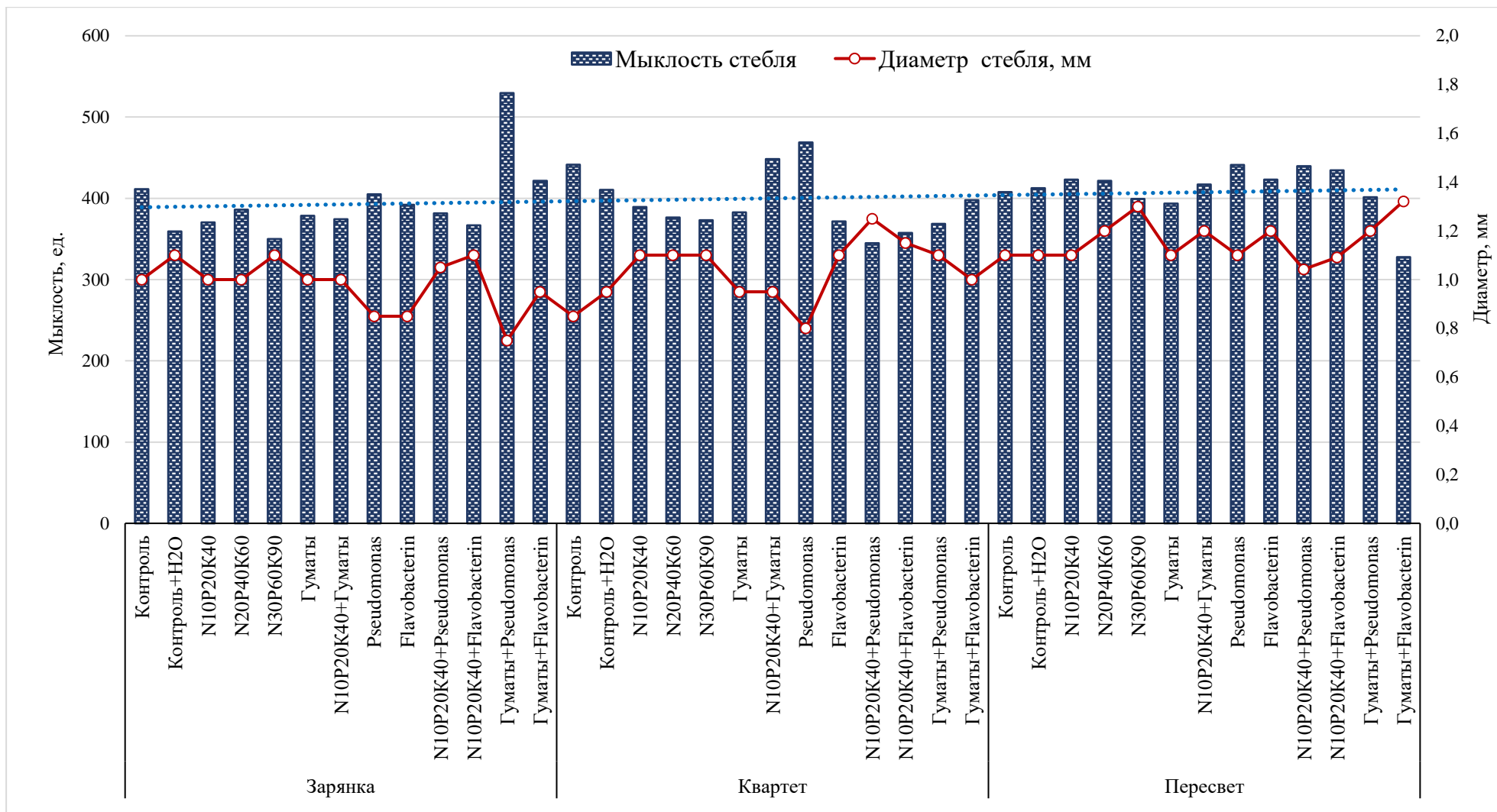


Рисунок Б2 – Мыклость (единиц) и диаметр (мм) стебля льна-долгунца в зависимости от применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, за 2021 г.

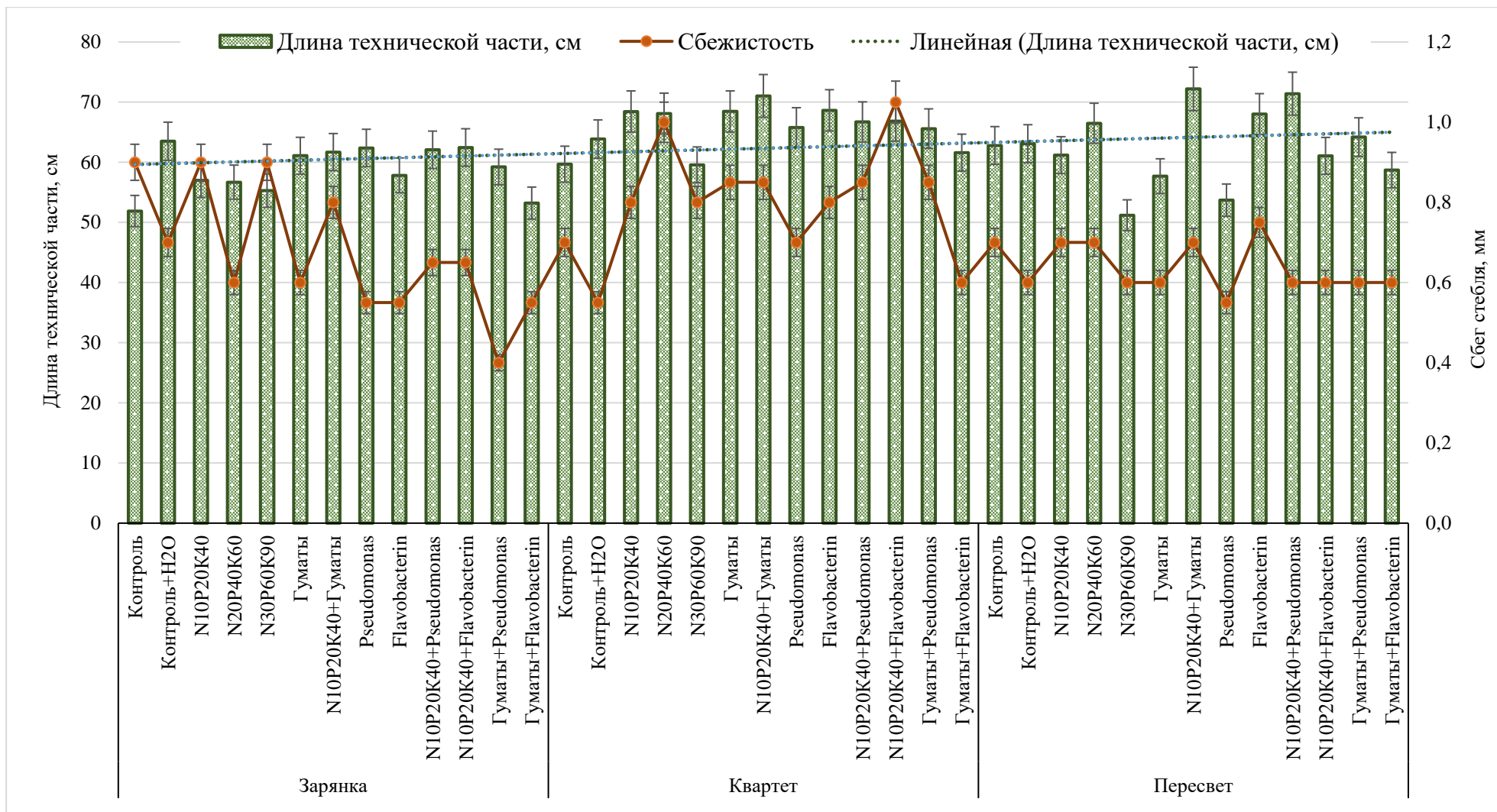


Рисунок Б3 – Длина технической части (см) и сбежистость (мм) стебля льна-долгунца, за 2022 г.

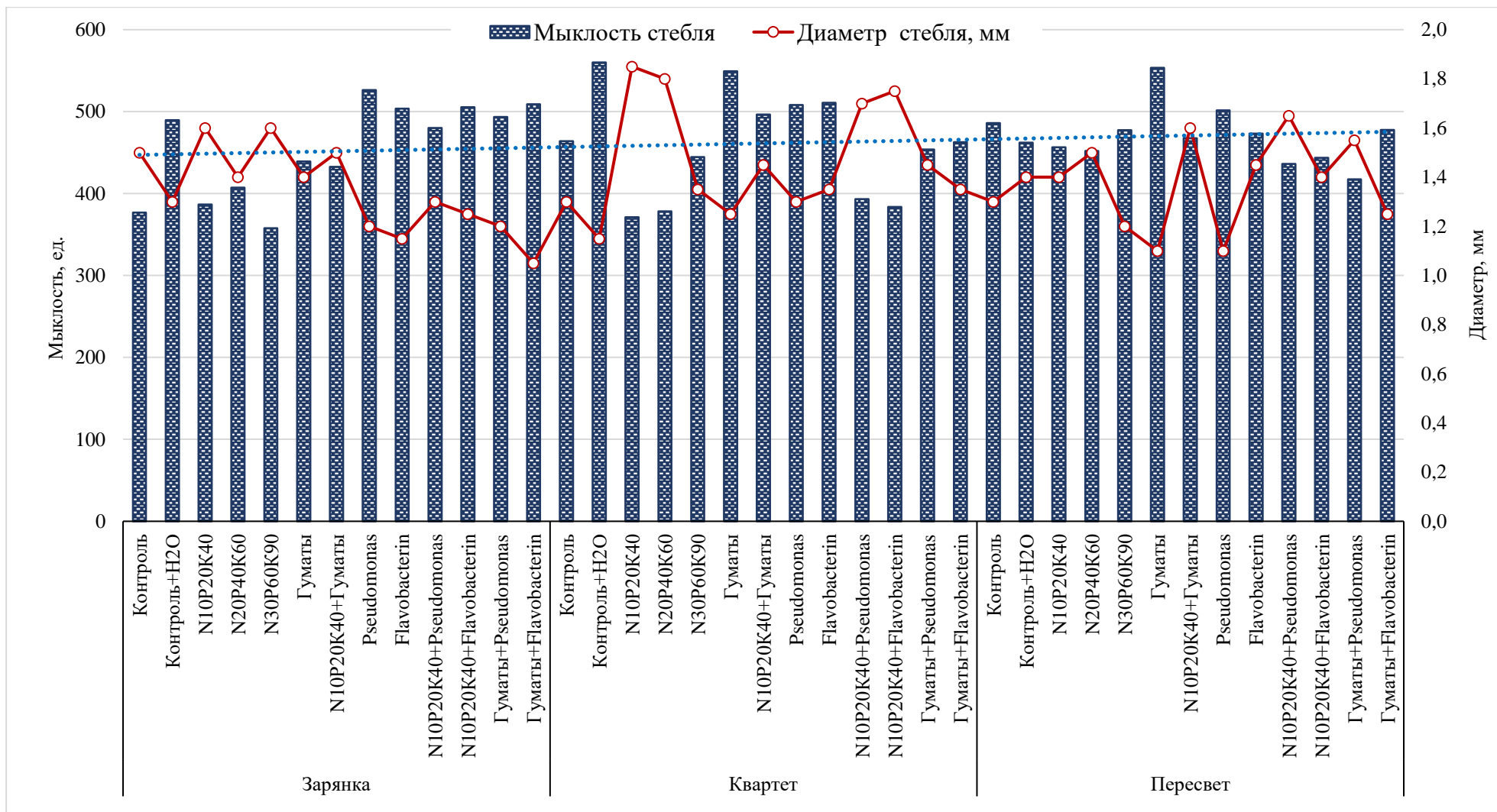


Рисунок Б4 – Мыклость (единиц) и диаметр (мм) стебля льна-долгунца в зависимости от применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, за 2022 г.

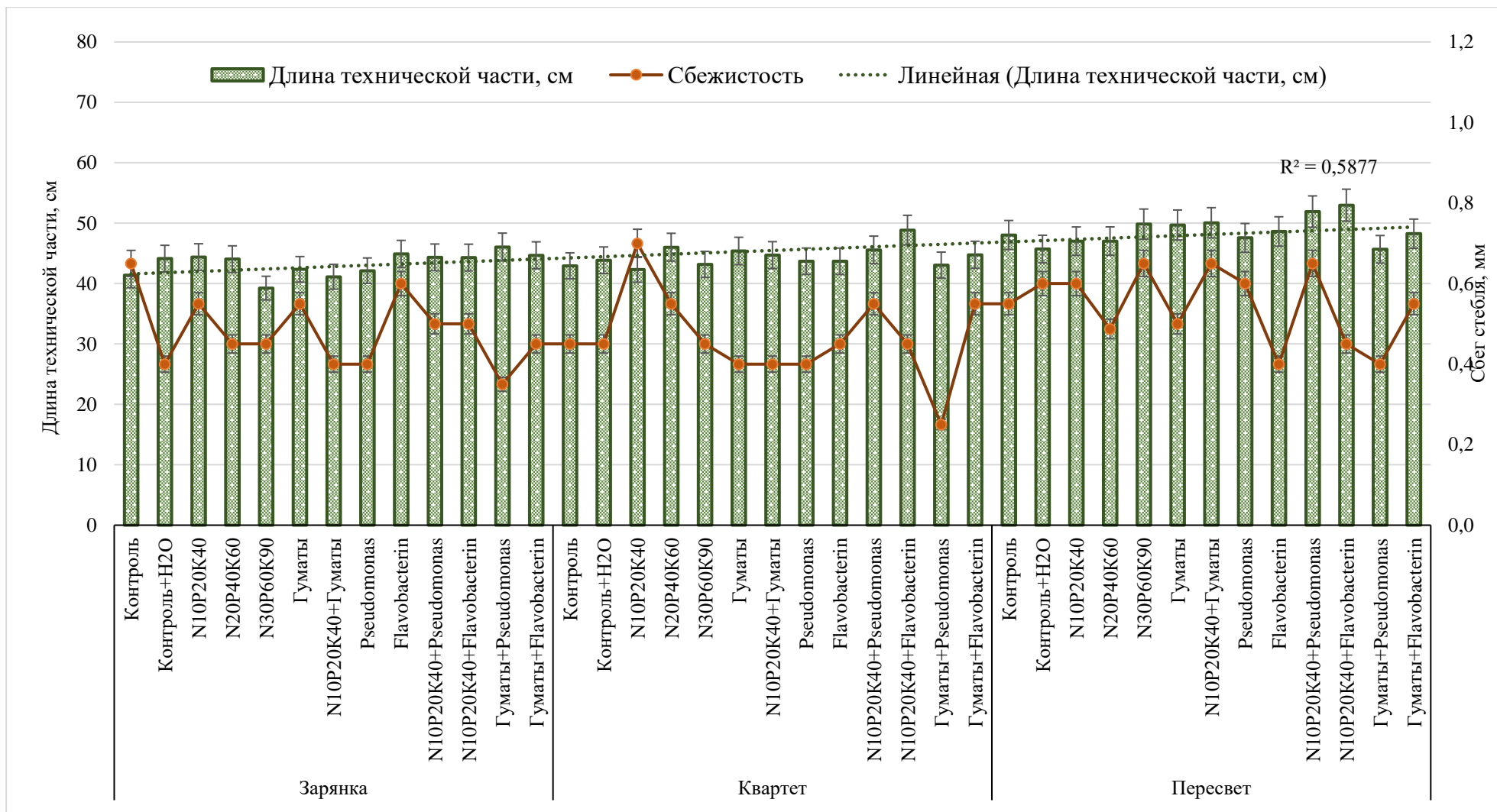


Рисунок Б5 – Длина технической части (см) и сбежистость (мм) стебля льна-долгунца, за 2023 г.

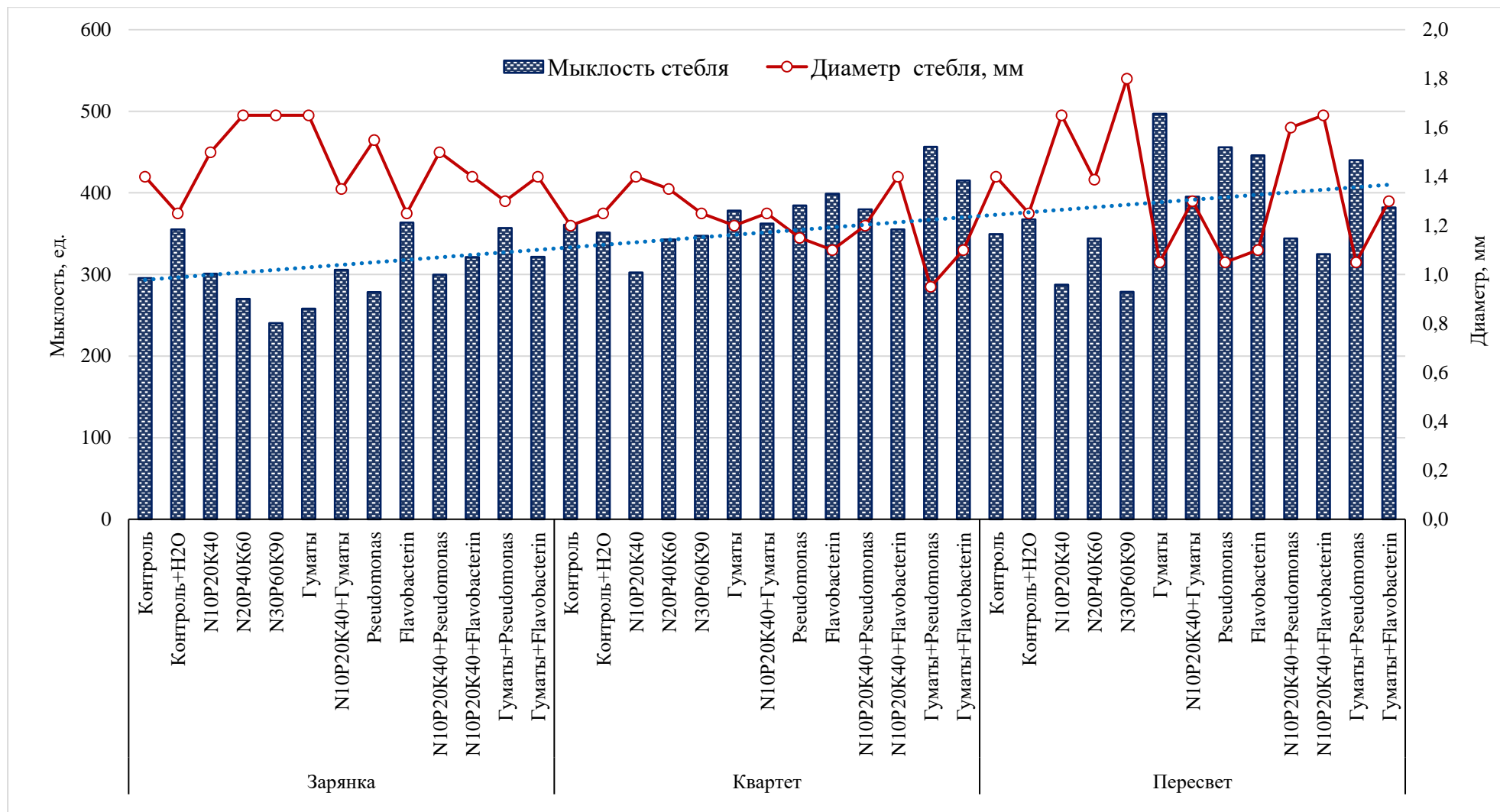


Рисунок Бб – Мыклость (единиц) и диаметр (мм) стебля льна-долгунца в зависимости от применения органоминеральных удобрений и ассоциативных ризобактерий, за 2023 г.

Приложение В – Дисперсионный анализ влияния изучаемых факторов на урожайность льнопродукции сортов льна-долгунца в зависимости от изучаемых приемов возделывания

Таблица В1 – Результаты дисперсионного анализа влияния факторов на урожайность соломы льна-долгунца за 2021–2023 гг.

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F05	F01	F001
Общая	932,947	359	-	-	-	-	-
Повторений	0,827	3	-	-	-	-	-
Фактора А (Год)	246,174	2	123,087	66,315	3,030	4,686	7,090
Фактора В (Сорт)	8,897	2	4,449	2,397	3,030	4,686	7,090
Фактора С (Фон питания)	36,064	9	4,007	2,159	1,915	2,474	3,221
Взаимодействия АВ	32,63	4	8,158	4,395	2,405	3,390	4,762
Взаимодействия АС	35,82	18	1,990	1,072	1,643	2,002	2,469
Взаимодействия ВС	24,17	18	1,343	0,723	1,643	2,002	2,469
Взаимодействия АВС	52,79	36	1,466	0,790	1,461	1,703	2,010
Остаток (ошибки)	495,58	267	1,856	-	-	-	-
	Sx	Sx%	Sd	HCP ₀₅	HCP ₀₅ %		
Для частных различий	0,681	14,619	0,963	1,897	40,706		
Фактора А (Год)	0,124	2,669	0,176	0,346	7,432		
Фактора В (Сорт)	0,124	2,669	0,176	0,346	7,432		
Фактора С (Фон питания)	0,227	4,873	0,321	0,632	13,569		
Для взаимодействия АВ	0,215	4,623	0,305	0,600	12,872		
Для взаимодействия АС	0,393	8,440	0,556	1,095	23,501		
Для взаимодействия ВС	0,393	8,440	0,556	1,095	23,501		

Таблица В2 – Результаты дисперсионного анализа влияния факторов на урожайность тресты льна-долгунца за 2021–2023 гг.

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F05	F01	F001
Общая	467,098	359	-	-	-	-	-
Повторений	0,536	3	-	-	-	-	-
Фактора А (Год)	65,032	2	32,516	30,451	3,030	4,686	7,090
Фактора В (Сорт)	9,316	2	4,658	4,362	3,030	4,686	7,090
Фактора С (Фон питания)	24,725	9	2,747	2,573	1,915	2,474	3,221
Взаимодействия АВ	19,71	4	4,928	4,615	2,405	3,390	4,762
Взаимодействия АС	21,55	18	1,197	1,121	1,643	2,002	2,469
Взаимодействия ВС	13,10	18	0,728	0,682	1,643	2,002	2,469
Взаимодействия АВС	28,02	36	0,778	0,729	1,461	1,703	2,010
Остаток (ошибки)	285,11	267	1,068	-	-	-	-
	Sx	Sx%	Sd	НСР ₀₅	НСР ₀₅ %		
Для частных различий	0,517	14,308	0,731	1,439	39,839		
Фактора А (Год)	0,094	2,612	0,133	0,263	7,274		
Фактора В (Сорт)	0,094	2,612	0,133	0,263	7,274		
Фактора С (Фон питания)	0,172	4,769	0,244	0,480	13,280		
Для взаимодействия АВ	0,163	4,525	0,231	0,455	12,598		
Для взаимодействия АС	0,298	8,261	0,422	0,831	23,001		
Для взаимодействия ВС	0,298	8,261	0,422	0,831	23,001		

Таблица В3 – Результаты дисперсионного анализа влияния факторов на урожайность волокна льна-долгунца за 2021–2023 гг.

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F05	F01	F001
Общая	45,711	359	-	-	-	-	-
Повторений	0,077	3	-	-	-	-	-
Фактора А (Год)	9,546	2	4,773	55,787	3,030	4,686	7,090
Фактора В (Сорт)	3,560	2	1,780	20,803	3,030	4,686	7,090
Фактора С (Фон питания)	3,617	9	0,402	4,697	1,915	2,474	3,221
Взаимодействия АВ	1,17	4	0,292	3,416	2,405	3,390	4,762
Взаимодействия АС	1,39	18	0,077	0,901	1,643	2,002	2,469
Взаимодействия ВС	1,21	18	0,067	0,788	1,643	2,002	2,469
Взаимодействия АВС	2,30	36	0,064	0,747	1,461	1,703	2,010
Остаток (ошибки)	22,84	267	0,086	-	-	-	-
	Sx	Sx%	Sd	НСР ₀₅	НСР ₀₅ %		
Для частных различий	0,146	14,530	0,207	0,407	40,457		
Фактора А (Год)	0,027	2,653	0,038	0,074	7,386		
Фактора В (Сорт)	0,027	2,653	0,038	0,074	7,386		
Фактора С (Фон питания)	0,049	4,843	0,069	0,136	13,486		
Для взаимодействия АВ	0,046	4,595	0,065	0,129	12,794		
Для взаимодействия АС	0,084	8,389	0,119	0,235	23,358		
Для взаимодействия ВС	0,084	8,389	0,119	0,235	23,358		

Таблица В4 – Результаты дисперсионного анализа влияния факторов на урожайность длинного волокна льна-долгунца за 2021–2023 гг.

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F05	F01	F001
Общая	39,195	359	-	-	-	-	-
Повторений	0,057	3	-	-	-	-	-
Фактора А (Год)	12,683	2	6,341	115,533	3,030	4,686	7,090
Фактора В (Сорт)	3,293	2	1,647	30,002	3,030	4,686	7,090
Фактора С (Фон питания)	3,812	9	0,424	7,718	1,915	2,474	3,221
Взаимодействия АВ	0,99	4	0,247	4,497	2,405	3,390	4,762
Взаимодействия АС	0,99	18	0,055	0,999	1,643	2,002	2,469
Взаимодействия ВС	0,71	18	0,040	0,721	1,643	2,002	2,469
Взаимодействия АВС	2,01	36	0,056	1,016	1,461	1,703	2,010
Остаток (ошибки)	14,66	267	0,055	-	-	-	-
	Sx	Sx%	Sd	НСР ₀₅	НСР ₀₅ %		
Для частных различий	0,117	14,942	0,166	0,326	41,605		
Фактора А (Год)	0,021	2,728	0,030	0,060	7,596		
Фактора В (Сорт)	0,021	2,728	0,030	0,060	7,596		
Фактора С (Фон питания)	0,039	4,981	0,055	0,109	13,868		
Для взаимодействия АВ	0,037	4,725	0,052	0,103	13,157		
Для взаимодействия АС	0,068	8,627	0,096	0,188	24,020		
Для взаимодействия ВС	0,068	8,627	0,096	0,188	24,020		

Приложение Г – Динамика урожайности льнопродукции сортов льна-долгунца в зависимости от приемов возделывания

Таблица Г1 – Урожайность льнопродукции (т/га), за 2021 г.

Сорт (Фактор А)	Органоминеральные удобрения, ассоциативные ризобактерии (Фактор В)	Урожайность, т/га			
		соломы	тресты	всего волокна	длинного волокна
Зарянка	Контроль	2,95	2,51	0,62	0,32
	Контроль+Н ₂ О	3,18	2,70	0,67	0,34
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	2,87	2,44	0,64	0,45
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	3,15	2,68	0,65	0,35
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	2,19	1,87	0,49	0,27
	Гуматы	3,73	3,17	0,83	0,49
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	3,76	3,20	0,84	0,60
	<i>Pseudomonas</i>	2,71	2,30	0,64	0,32
	<i>Flavobacterin</i>	3,40	2,89	0,69	0,42
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	4,13	3,51	0,84	0,59
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	3,57	3,03	0,75	0,51
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	4,11	3,49	0,87	0,47
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	3,64	3,09	0,78	0,42
	Среднее, \bar{x}	3,34	2,84	0,72	0,43
	Квартет	Контроль	2,95	2,60	0,63
Контроль+Н ₂ О		3,83	3,37	0,86	0,47
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀		3,16	2,78	0,74	0,48
N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀		3,78	3,02	0,76	0,42
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀		3,21	2,53	0,67	0,38
Гуматы		3,39	2,98	0,80	0,48
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы		3,18	2,79	0,72	0,50
<i>Pseudomonas</i>		2,98	2,65	0,75	0,37
<i>Flavobacterin</i>		4,01	3,53	0,87	0,53
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>		4,28	3,77	0,93	0,64
N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>		3,75	3,30	0,83	0,57
Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>		3,88	3,41	0,87	0,50
Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>		3,65	3,22	0,83	0,45
Среднее, \bar{x}		3,54	3,07	0,79	0,47
Пересвет		Контроль	3,83	3,37	0,98
	Контроль+Н ₂ О	3,83	3,37	1,01	0,71
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	2,83	2,49	0,72	0,58
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	3,84	3,37	0,93	0,73
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	3,32	2,65	0,74	0,61
	Гуматы	4,31	3,79	1,09	0,80
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	3,10	2,72	0,83	0,72
	<i>Pseudomonas</i>	3,22	2,83	0,86	0,66
	<i>Flavobacterin</i>	3,89	3,42	1,03	0,68
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	3,36	2,95	0,84	0,67
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	3,31	2,91	0,83	0,66
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	4,27	3,76	1,06	0,79
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	4,29	3,77	1,12	0,95
	Среднее, \bar{x}	3,64	3,19	0,93	0,71

Таблица Г2 – Отклонения урожайности льнопродукции у раннеспелых сортов льна-долгунца от средних значений, т/га за 2021 г.

Сорт (Фактор А)	Органоминеральные удобрения, ассоциативные ризобактерии (Фактор В)	среднее $\bar{x} \pm$, т/га			
		солома	треста	всего волокна	длинного волокна
Зарянка	Контроль	■ -0,38	■ -0,33	■ -0,10	▮ -0,11
	Контроль+H ₂ O	■ -0,16	■ -0,13	■ -0,05	▮ -0,09
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	■ -0,47	■ -0,40	■ -0,08	▮ 0,02
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	■ -0,19	■ -0,16	■ -0,07	▮ -0,08
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	▼ -1,15	▼ -0,97	▼ -0,23	▮ -0,16
	Гуматы	▲ 0,39	▲ 0,33	▲ 0,11	▮ 0,06
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	▲ 0,42	▲ 0,36	▲ 0,12	▮ 0,17
	<i>Pseudomonas</i>	▼ -0,63	▼ -0,54	■ -0,08	▮ -0,11
	<i>Flavobacterin</i>	■ 0,06	■ 0,05	■ -0,03	▮ -0,01
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	▲ 0,79	▲ 0,67	▲ 0,12	▮ 0,16
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	▲ 0,23	▲ 0,19	▲ 0,03	▮ 0,08
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	▲ 0,77	▲ 0,65	▲ 0,15	▮ 0,04
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	▲ 0,30	▲ 0,25	▲ 0,06	▮ -0,01
Квартет	Контроль	▼ -0,59	▼ -0,47	▼ -0,16	▮ -0,13
	Контроль+H ₂ O	▲ 0,29	▲ 0,30	▲ 0,07	▮ 0,00
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	■ -0,38	■ -0,29	■ -0,05	▮ 0,01
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	▲ 0,24	■ -0,05	■ -0,03	▮ -0,05
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	■ -0,33	▼ -0,54	▼ -0,12	▮ -0,09
	Гуматы	■ -0,15	■ -0,09	■ 0,01	▮ 0,01
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	■ -0,36	■ -0,28	■ -0,07	▮ 0,03
	<i>Pseudomonas</i>	▼ -0,56	■ -0,42	■ -0,04	▮ -0,10
	<i>Flavobacterin</i>	▲ 0,47	▲ 0,46	▲ 0,08	▮ 0,06
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	▲ 0,74	▲ 0,70	▲ 0,14	▮ 0,17
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	▲ 0,21	▲ 0,23	▲ 0,04	▮ 0,10
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	▲ 0,34	▲ 0,34	▲ 0,08	▮ 0,03
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	■ 0,11	■ 0,15	▲ 0,04	▮ -0,02
Пересвет	Контроль	▲ 0,19	▲ 0,18	■ 0,05	▮ -0,01
	Контроль+H ₂ O	▲ 0,19	▲ 0,18	▲ 0,08	▮ 0,00
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	▼ -0,81	▼ -0,70	▼ -0,21	▮ -0,13
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	▲ 0,20	▲ 0,18	■ 0,00	▮ 0,02
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	■ -0,32	▼ -0,54	▼ -0,19	▮ -0,10
	Гуматы	▲ 0,67	▲ 0,60	▲ 0,16	▮ 0,09
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	▼ -0,54	▼ -0,47	▼ -0,10	▮ 0,01
	<i>Pseudomonas</i>	■ -0,42	▼ -0,36	■ -0,07	▮ -0,05
	<i>Flavobacterin</i>	▲ 0,25	▲ 0,23	▲ 0,10	▮ -0,03
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	■ -0,28	■ -0,24	▼ -0,09	▮ -0,04
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	■ -0,33	▼ -0,28	▼ -0,10	▮ -0,05
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	▲ 0,63	▲ 0,57	▲ 0,13	▮ 0,08
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	▲ 0,65	▲ 0,58	▲ 0,19	▮ 0,24
НСР ₀₅ для частных различий		1,19	1,03	0,27	0,18
НСР ₀₅ для фактора А (сорт)		0,33	0,28	0,08	0,05
НСР ₀₅ для фактора В и АВ (фон питания)		0,69	0,59	0,16	0,11

Таблица Г3 –Урожайность льнопродукции раннеспелых сортов льна-долгунца, т/га за 2022 г.

Сорт (Фактор А)	Органоминеральные удобрения, ассоциативные ризобактерии (Фактор В)	Урожайность, т/га			
		соломы	тресты	всего волокна	длинного волокна
Зарянка	Контроль	4,53	3,48	0,97	0,67
	Контроль+H ₂ O	4,89	3,76	1,06	0,77
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	5,00	3,85	1,06	0,85
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	4,18	3,22	0,89	0,74
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	4,43	3,41	0,98	0,76
	Гуматы	5,53	4,26	1,39	1,13
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	5,39	4,15	1,18	0,93
	<i>Pseudomonas</i>	4,74	3,65	1,07	0,94
	<i>Flavobacterin</i>	4,62	3,56	1,03	0,91
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	4,02	3,22	0,90	0,74
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	4,41	3,39	0,96	0,79
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	4,74	3,65	1,15	1,00
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	4,94	3,81	1,16	0,99
	Среднее, \bar{x}	4,72	3,65	1,06	0,86
Квартет	Контроль	4,85	3,74	1,05	0,76
	Контроль+H ₂ O	5,34	4,11	1,18	0,82
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	6,37	4,90	1,39	1,05
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	6,50	5,01	1,44	1,20
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	5,17	3,98	1,17	0,94
	Гуматы	5,81	4,07	1,29	1,12
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	5,82	4,08	1,19	0,93
	<i>Pseudomonas</i>	5,72	4,41	1,33	1,16
	<i>Flavobacterin</i>	5,18	3,99	1,19	1,04
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	6,61	5,09	1,49	1,19
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	6,57	5,06	1,49	1,21
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	5,46	4,20	1,37	1,19
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	5,17	3,98	1,24	1,06
	Среднее, \bar{x}	5,74	4,36	1,30	1,05
Пересвет	Контроль	4,97	3,83	1,12	0,89
	Контроль+H ₂ O	5,67	3,97	1,20	0,94
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	5,69	4,38	1,30	1,00
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	4,89	3,77	1,12	0,97
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	3,64	2,80	0,84	0,71
	Гуматы	4,94	3,80	1,19	1,03
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	5,96	4,59	1,39	1,14
	<i>Pseudomonas</i>	4,54	3,50	1,13	0,92
	<i>Flavobacterin</i>	5,04	3,88	1,22	0,97
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	6,23	4,79	1,57	1,39
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	5,15	3,97	1,25	0,98
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	5,29	4,08	1,32	1,19
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	5,17	3,98	1,27	1,06
	Среднее, \bar{x}	5,17	3,95	1,23	1,01

Приложение Г4 – Отклонения урожайности льнопродукции у раннеспелых сортов льна-долгунца от средних значений, т/га за 2022 г.

Сорт (Фактор А)	Органоминеральные удобрения, ассоциативные ризобактерии (Фактор В)	среднее $\bar{x} \pm$, т/га			
		солома	треста	всего волокна	длинного волокна
Зарянка	Контроль	■ -0,20	■ -0,16	■ -0,10	▮ -0,20
	Контроль+H ₂ O	■ 0,16	■ 0,12	■ 0,00	▮ -0,10
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	▲ 0,28	■ 0,20	■ 0,00	▮ -0,01
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	■ -0,54	▼ -0,43	▼ -0,17	▮ -0,12
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	■ -0,29	▼ -0,24	▼ -0,08	▮ -0,10
	Гуматы	▲ 0,81	▲ 0,61	▲ 0,33	▮ 0,27
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	▲ 0,67	▲ 0,50	■ 0,12	▮ 0,07
	<i>Pseudomonas</i>	■ 0,02	■ 0,00	■ 0,01	▮ 0,08
	<i>Flavobacterin</i>	■ -0,10	■ -0,09	■ -0,03	▮ 0,05
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	▼ -0,70	▼ -0,43	▼ -0,16	▮ -0,12
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	■ -0,31	▼ -0,26	▼ -0,10	▮ -0,07
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	■ 0,02	■ 0,00	■ 0,09	▮ 0,14
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	▲ 0,22	■ 0,16	■ 0,10	▮ 0,13
Квартет	Контроль	▼ -0,89	▼ -0,62	▼ -0,25	▮ -0,29
	Контроль+H ₂ O	■ -0,40	▼ -0,25	▼ -0,12	▮ -0,23
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	▲ 0,63	▲ 0,54	■ 0,09	▮ 0,00
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	▲ 0,76	▲ 0,65	▲ 0,14	▮ 0,15
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	■ -0,57	▼ -0,38	▼ -0,13	▮ -0,11
	Гуматы	■ 0,07	▼ -0,29	■ -0,01	▮ 0,07
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	■ 0,08	▼ -0,28	▼ -0,11	▮ -0,12
	<i>Pseudomonas</i>	■ -0,02	■ 0,05	■ 0,03	▮ 0,11
	<i>Flavobacterin</i>	■ -0,56	▼ -0,37	▼ -0,11	▮ -0,01
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	▲ 0,87	▲ 0,73	▲ 0,19	▮ 0,14
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	▲ 0,83	▲ 0,70	▲ 0,19	▮ 0,16
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	■ -0,28	■ -0,16	■ 0,07	▮ 0,14
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	■ -0,57	▼ -0,38	▼ -0,06	▮ 0,01
Пересвет	Контроль	■ -0,20	■ -0,12	■ -0,11	▮ -0,12
	Контроль+H ₂ O	▲ 0,50	■ 0,02	■ -0,03	▮ -0,07
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	▲ 0,52	▲ 0,43	■ 0,07	▮ -0,01
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	■ -0,28	■ -0,18	■ -0,11	▮ -0,04
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	▼ -1,53	▼ -1,15	▼ -0,39	▮ -0,30
	Гуматы	■ -0,23	■ -0,15	■ -0,04	▮ 0,02
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	▲ 0,79	▲ 0,64	▲ 0,16	▮ 0,13
	<i>Pseudomonas</i>	■ -0,63	■ -0,45	■ -0,10	▮ -0,09
	<i>Flavobacterin</i>	■ -0,13	■ -0,07	■ -0,01	▮ -0,04
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	▲ 1,06	▲ 0,84	▲ 0,34	▮ 0,38
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	■ -0,02	■ 0,02	■ 0,02	▮ -0,03
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	■ 0,12	■ 0,13	■ 0,09	▮ 0,18
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	■ 0,00	■ 0,03	■ 0,04	▮ 0,05
НСР ₀₅ для частных различий		1,96	1,50	0,45	0,36
НСР ₀₅ для фактора А (сорт)		0,54	0,42	0,13	0,10
НСР ₀₅ для фактора В и АВ (фон питания)		1,13	0,87	0,26	0,21

Таблица Г5 – Урожайность льнопродукции раннеспелых сортов льна-долгунца, т/га за 2023 г.

Сорт (Фактор А)	Органоминеральные удобрения, ассоциативные ризобактерии (Фактор В)	Урожайность, т/га			
		соломы	тресты	всево волокна	длинного волокна
Зарянка	Контроль	3,13	2,19	0,41	0,33
	Контроль+H ₂ O	4,84	3,38	0,62	0,50
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	6,17	4,32	0,90	0,74
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	5,93	4,15	0,99	0,81
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	6,04	4,23	0,79	0,66
	Гуматы	6,55	4,58	1,14	0,99
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	4,19	2,93	0,60	0,52
	<i>Pseudomonas</i>	6,11	4,28	1,08	0,94
	<i>Flavobacterin</i>	4,37	3,06	0,77	0,65
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	4,44	3,11	0,70	0,58
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	4,68	3,28	0,78	0,67
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	5,45	3,82	0,91	0,76
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	5,76	4,03	0,98	0,84
	Среднее, \bar{x}	5,21	3,64	0,82	0,69
Квартет	Контроль	4,35	3,13	0,78	0,69
	Контроль+H ₂ O	4,79	3,45	0,80	0,71
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	5,24	3,77	1,06	0,83
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	4,45	3,20	0,92	0,77
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	4,23	3,05	0,90	0,71
	Гуматы	4,19	3,02	1,00	0,81
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	5,26	3,78	1,05	0,82
	<i>Pseudomonas</i>	4,18	3,01	0,90	0,80
	<i>Flavobacterin</i>	4,19	3,02	0,95	0,78
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	5,44	3,92	1,12	0,97
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	5,92	4,26	1,25	1,08
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	4,36	3,14	0,99	0,88
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	5,37	3,87	1,16	0,96
	Среднее, \bar{x}	4,77	3,43	0,99	0,83
Пересвет	Контроль	4,98	3,73	1,03	0,72
	Контроль+H ₂ O	5,54	4,15	1,14	0,81
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	6,59	4,94	1,31	1,06
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	6,28	4,40	1,14	0,89
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	6,11	4,21	1,02	0,83
	Гуматы	6,79	5,10	1,50	1,33
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	6,30	4,73	1,34	1,05
	<i>Pseudomonas</i>	4,99	3,74	1,02	0,92
	<i>Flavobacterin</i>	4,94	3,71	1,06	0,93
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	5,76	4,32	1,11	0,94
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	6,60	4,95	1,46	1,07
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	4,54	3,40	1,02	0,91
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	5,08	3,81	1,16	0,97
	Среднее, \bar{x}	5,73	4,25	1,18	0,96

Таблица Гб – Отклонения урожайности льнопродукции у раннеспелых сортов льна-долгунца от средних значений, т/га за 2023 г.

Сорт (Фактор А)	Органоминеральные удобрения, ассоциативные ризобактерии (Фактор В)	среднее $\bar{x} \pm$, т/га			
		солома	треста	всего волокна	длинного волокна
Зарянка	Контроль	▼ -2,07	▼ -1,45	■ -0,41	▶ -0,36
	Контроль+H ₂ O	■ -0,37	■ -0,26	■ -0,21	▶ -0,19
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	▲ 0,96	▲ 0,68	■ 0,08	▶ 0,05
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	▲ 0,72	▲ 0,51	▲ 0,17	▶ 0,12
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	▲ 0,83	▲ 0,59	■ -0,03	▶ -0,03
	Гуматы	▲ 1,34	▲ 0,94	▲ 0,32	▶ 0,30
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	▼ -1,02	▼ -0,71	▼ -0,22	▶ -0,17
	<i>Pseudomonas</i>	▲ 0,90	▲ 0,64	▲ 0,26	▶ 0,25
	<i>Flavobacterin</i>	■ -0,84	▼ -0,58	▼ -0,05	▶ -0,04
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	■ -0,77	▼ -0,53	▼ -0,12	▶ -0,11
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	■ -0,53	▼ -0,36	▼ -0,04	▶ -0,02
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	▲ 0,24	■ 0,18	■ 0,09	▶ 0,07
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	▲ 0,55	■ 0,39	▲ 0,16	▶ 0,15
Квартет	Контроль	■ -0,42	▼ -0,30	▼ -0,21	▶ -0,14
	Контроль+H ₂ O	■ 0,02	■ 0,02	▼ -0,19	▶ -0,12
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	▲ 0,47	■ 0,34	■ 0,07	▶ 0,00
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	■ -0,32	▼ -0,23	▼ -0,07	▶ -0,06
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	■ -0,54	▼ -0,38	▼ -0,09	▶ -0,12
	Гуматы	■ -0,58	▼ -0,41	■ 0,01	▶ -0,02
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	▲ 0,49	■ 0,35	■ 0,06	▶ -0,01
	<i>Pseudomonas</i>	■ -0,59	▼ -0,42	▼ -0,09	▶ -0,03
	<i>Flavobacterin</i>	■ -0,58	▼ -0,41	■ -0,04	▶ -0,05
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	▲ 0,67	▲ 0,49	■ 0,13	▶ 0,14
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	▲ 1,15	▲ 0,83	▲ 0,26	▶ 0,25
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	■ -0,41	▼ -0,29	■ 0,00	▶ 0,05
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	▲ 0,60	▲ 0,44	▲ 0,17	▶ 0,13
Пересвет	Контроль	■ -0,75	▼ -0,52	▼ -0,15	▶ -0,24
	Контроль+H ₂ O	■ -0,19	■ -0,10	▼ -0,04	▶ -0,15
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀	▲ 0,86	▲ 0,69	■ 0,13	▶ 0,10
	N ₂₀ P ₄₀ K ₆₀	▲ 0,55	■ 0,15	▼ -0,04	▶ -0,07
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	▲ 0,38	■ -0,04	▼ -0,16	▶ -0,13
	Гуматы	▲ 1,06	▲ 0,85	▲ 0,32	▶ 0,37
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ +Гуматы	▲ 0,57	▲ 0,48	▲ 0,16	▶ 0,09
	<i>Pseudomonas</i>	■ -0,74	▼ -0,51	▼ -0,16	▶ -0,04
	<i>Flavobacterin</i>	■ -0,79	▼ -0,54	▼ -0,12	▶ -0,03
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Pseudomonas</i>	■ 0,03	■ 0,07	▼ -0,07	▶ -0,02
	N ₁₀ P ₂₀ K ₄₀ + <i>Flavobacterin</i>	▲ 0,87	▲ 0,70	▲ 0,28	▶ 0,11
	Гуматы+ <i>Pseudomonas</i>	▼ -1,19	▼ -0,85	▼ -0,16	▶ -0,05
	Гуматы+ <i>Flavobacterin</i>	■ -0,65	▼ -0,44	▼ -0,02	▶ 0,01
НСР ₀₅ для частных различий		2,34	1,69	0,45	0,38
НСР ₀₅ для фактора А (сорт)		0,65	0,47	0,13	0,10
НСР ₀₅ для фактора В и АВ (фон питания)		1,35	0,97	0,26	0,22

Приложение Д – Выход всего и длинного волокна у раннеспелых сортов льна-долгунца в зависимости от применения органоминеральных удобрений и ассоциативных штаммов ризобактерий



Рисунок Д1 – Выход всего и длинного волокна льна-долгунца, % за 2021 г.

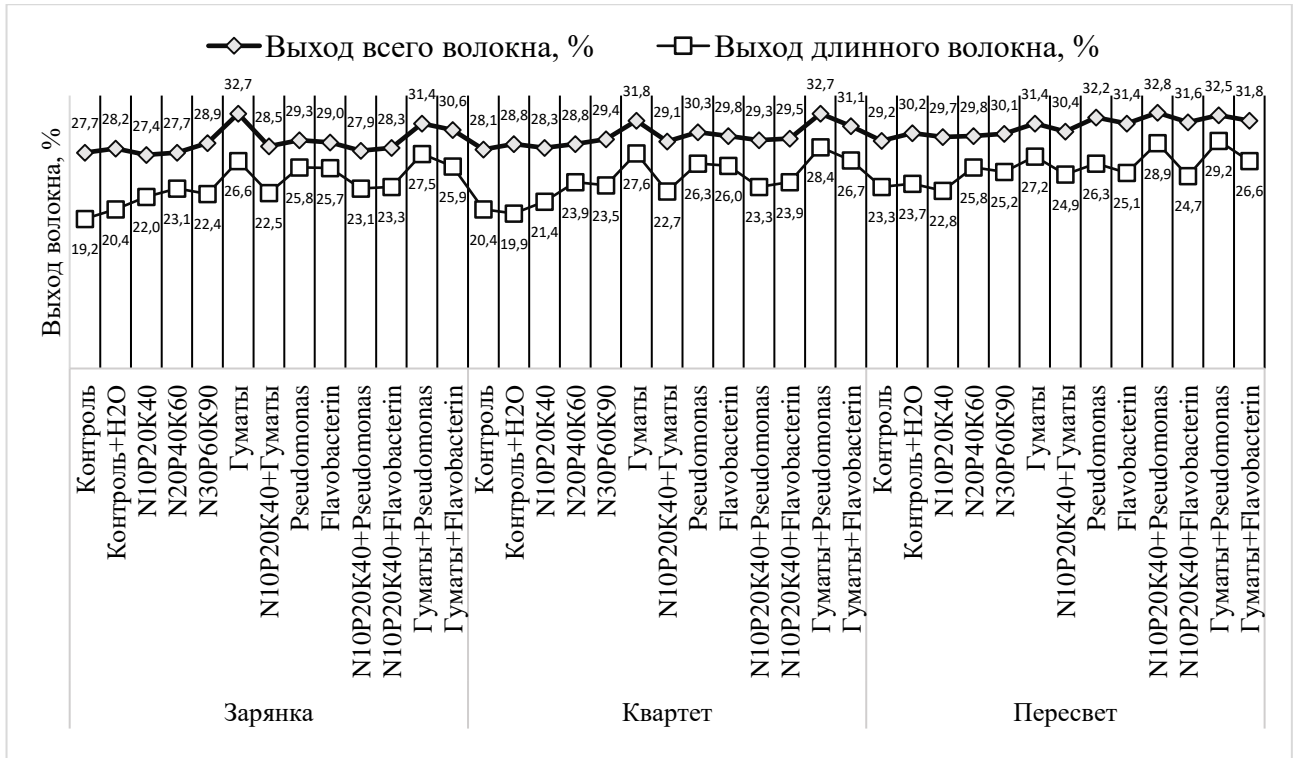


Рисунок Д2 – Выход всего и длинного волокна льна-долгунца, % за 2022 г.



Рисунок Д3 – Выход всего и длинного волокна льна-долгунца, % за 2023 г.

Приложение Ж – Апробация результатов научной разработки

Приложение Ж1 – Акт внедрения научной разработки в ООО СХП «Русское поле» (сорт Пересвет (контроль) – 5 га)



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО СХП «Русское поле»

Е.В. Нестерова

«01» октября 2024 год

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в высших учебных заведениях

Заказчик ООО СХП «Русское поле» Волосовского района Ленинградской области

(наименование организации)

Нестерова Елена Викторовна

(Ф.И.О. руководителя организации)

Настоящим актом подтверждается, что результаты научно-исследовательской работы: "Влияние припосевной обработки семян на урожайность и качество раннеспелых сортов льна-долгунца в условиях Ленинградской области», проведенной в рамках НИР кафедры растениеводства им. И.А. Стебута «Обоснование и получение экономически выгодных урожаев технических культур заданного качества в конкретных почвенно-климатических условиях при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду», тема 4., подтема 4.3.

(наименование темы, № гос. регистрации)

выполненной ФГБОУ ВО СПбГАУ, аспирантом Аль Мерри Жасмин под руководством канд. с.-х. наук, доцента М.А. Носевич

(наименование ВУЗа, НИИ, КБ)

выполняемой с 1 мая 2024 г. по 30 сентября 2024 г.

(сроки выполнения)

внедрены ООО СХП «Русское поле»

(наименование предприятия, где осуществлялось внедрение)

1. Вид внедренных работ: технология возделывания льна-долгунца сорта Пересвет
(эксплуатация изделия, работы, технологии); производство (изделия, работы, технологии)
2. Характеристика масштаба внедрения: массовая
(уникальное, единичное, партия, массовое, серийное)
3. Форма внедрения: методика (метод) традиционная технология посева льна-долгунца сорта Пересвет (контроль)
4. Новизна результатов научно-исследовательских работ: принципиально-новые для условий Ленинградской области
(пионерские, принципиально-новые, качественно-новые, модификация старых разработок)
5. Опытно-промышленная проверка: _____
(указать № и дату актов испытаний, наименование предприятий, период)

6. Внедрены: в промышленное производство ООО СХП «Русское поле»
на площади 5 га
 (участок, цех, процесс)
7. Годовой экономический эффект:
 ожидаемый 5000 (пять тысяч) руб.
 (от внедрения проекта)
 фактический 6446 (шесть тысяч четыреста сорок шесть) руб.
 в том числе долевое участие 50 % (пятьдесят процентов)
 (% цифрами и прописью)
8. Экономическая эффективность (рентабельность) внедрения
 результатов за один год – 11,9 %
9. Объем внедрения 5 га, что составляет 100% от объема внедрения
10. Социальный и научно-технический эффект: улучшение
 (охрана окружающей среды, недр;
и оздоровление научно-технических направлений
 улучшение и оздоровление научно-технических направлений, социальное назначение)

Главный агроном
 ООО СХП «Русское поле»

О.А. Ренева

Приложение Ж2 – Акт внедрения научной разработки в ООО СХП «Русское поле» (С. Пересвет с применением органоминеральных удобрений – 5 га)

УТВЕРЖДАЮ



Генеральный директор

ООО СХП «Русское поле»

Е.В. Нестерова

«04» октября 2024 год

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в высших учебных заведениях

Заказчик ООО СХП «Русское поле» Волосовского района Ленинградской области

(наименование организации)

Нестерова Елена Викторовна

(Ф.И.О. руководителя организации)

Настоящим актом подтверждается, что результаты научно-исследовательской работы: "Влияние припосевной обработки семян на урожайность и качество раннеспелых сортов льна-долгунца в условиях Ленинградской области», проведенной в рамках НИР кафедры растениеводства им. И.А. Стебута «Обоснование и получение экономически выгодных урожаев технических культур заданного качества в конкретных почвенно-климатических условиях при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду», тема 4., подтема 4.3.

(наименование темы, № гос. регистрации)

выполненной ФГБОУ ВО СПбГАУ, аспирантом Аль Мерри Жасмин под руководством канд. с.-х. наук, доцента М.А. Носевич

(наименование ВУЗа, НИИ, КБ)

выполняемой с 1 мая 2024 г. по 30 сентября 2024 г.

(сроки выполнения)

внедрены ООО СХП «Русское поле»

(наименование предприятия, где осуществлялось внедрение)

1. Вид внедренных работ: технология возделывания льна-долгунца сорта Пересвет
(эксплуатация изделия, работы, технологии); производство (изделия, работы, технологии)
2. Характеристика масштаба внедрения: массовая
(уникальное, единичное, партия, массовое, серийное)
3. Форма внедрения: методика (метод) внесение органоминеральных удобрений в дозе 5 л/га при посеве льна-долгунца сорта Пересвет
4. Новизна результатов научно-исследовательских работ: принципиально-новые для условий Ленинградской области
(пионерские, принципиально-новые, качественно-новые, модификация старых разработок)
5. Опытно-промышленная проверка: _____
(указать № и дату актов испытаний, наименование предприятий, период)

6. Внедрены: в промышленное производство ООО СХП «Русское поле»
на площади 5 га
(участок, цех, процесс)
7. Годовой экономический эффект:
 ожидаемый 5000 (пять тысяч) руб.
(от внедрения проекта)
 фактический 7309 (семь тысяч триста девять) руб.
 в том числе долевое участие 50 % (пятьдесят процентов)
(% цифрами и прописью)
8. Экономическая эффективность (рентабельность) внедрения
 результатов за один год – 13,5 %
9. Объем внедрения 5 га, что составляет 100% от объема внедрения
10. Социальный и научно-технический эффект: улучшение
(охрана окружающей среды, недр;
и оздоровление научно-технических направлений
улучшение и оздоровление научно-технических направлений, социальное назначение)

Главный агроном
 ООО СХП «Русское поле»