

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ П.А. СТОЛЫПИНА»

На правах рукописи

ОРЛОВ АРТЁМ АЛЕКСАНДРОВИЧ

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО
В СТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

4.1.1 – Общее земледелие и растениеводство

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

Рендов Николай Александрович –

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Омск 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСОВ БИОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	8
ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	18
2.1. Климатические и погодные условия зоны.....	18
2.2. Почвенные условия.....	24
2.3. Объекты и методика проведения исследований.....	25
ГЛАВА 3. ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРОКОВ ПОСЕВА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО.....	30
ГЛАВА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСХОДА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ГЕРБИЦИДАМИ ПОСЕВОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО.....	37
ГЛАВА 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ НОРМЫ ВЫСЕВА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО.....	45
ГЛАВА 6. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ НА ПОСЕВАХ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО.....	56
6.1. Водный режим почвы и водопотребление льна масличного.....	56
6.2. Питательный режим почвы.....	59
6.3. Состав микрофлоры и биологическая активность почвы.....	60
6.4. Засоренность посевов льна масличного.....	63
6.5. Урожайность семян льна масличного.....	65
6.6. Семенные и технологические свойства семян льна масличного.....	78
6.7. Экономическая эффективность применения средств химизации на посевах льна масличного.....	80
Заключение.....	83
Рекомендации производству.....	85
Список литературы.....	86
Приложения.....	105
Приложение А. Осадки за период вегетации льна масличного, мм (метеостанция «Одесская»).....	106

Приложение Б. Среднесуточные температуры воздуха за вегетационный период льна масличного, °С (метеостанция «Одесская»)	107
Приложение В.1. Урожайность семян льна масличного в зависимости от срока посева, т/га (2020 г.)	108
Приложение В.2. Урожайность семян льна масличного в зависимости от срока посева, т/га (2021 г.)	109
Приложение В.3. Урожайность семян льна масличного в зависимости от срока посева, т/га (2022 г.)	110
Приложение Г.1. Урожайность семян льна масличного в зависимости от расхода рабочей жидкости, т/га (2020 г.)	111
Приложение Г.2. Урожайность семян льна масличного в зависимости от расхода рабочей жидкости, т/га (2021 г.)	112
Приложение Г.3. Урожайность семян льна масличного в зависимости от расхода рабочей жидкости, т/га (2022 г.)	113
Приложение Ж.1. Урожайность семян льна при разных нормах высева, т/га (2020 г.)	114
Приложение Ж.2. Урожайность семян льна при разных нормах высева, т/га (2021 г.)	115
Приложение Ж.3. Урожайность семян льна при разных нормах высева, т/га (2022 г.)	116
Приложение Ж.4. Урожайность семян льна при разных нормах высева, т/га (2023 г.)	117
Приложение И.1. Полнота всходов льна в зависимости от уровня химизации, % (2021 г.)	118
Приложение И.2. Полнота всходов льна в зависимости от уровня химизации, % (2022 г.)	119
Приложение И.3. Полнота всходов льна в зависимости от уровня химизации, % (2023 г.)	120
Приложение К.1. Выживаемость растений льна в зависимости от уровня химизации, % (2021 г.)	121
Приложение К.2. Выживаемость растений льна в зависимости от уровня химизации, % (2022 г.)	122
Приложение К.3. Выживаемость растений льна в зависимости от уровня химизации, % (2023 г.)	123

Приложение Л.1. Урожайность льна при различных уровнях химизации, т/га (2021 г.).....	124
Приложение Л.2. Урожайность льна при различных уровнях химизации, т/га (2022 г.).....	125
Приложение Л.3. Урожайность льна при различных уровнях химизации, т/га (2023 г.).....	126
Приложение М.1. Засоренность посевов льна масличного в зависимости от нормы высева (2020 г.).....	127
Приложение М.2. Засоренность посевов льна масличного в зависимости от нормы высева (2021 г.).....	128
Приложение М.3. Засоренность посевов льна масличного в зависимости от нормы высева (2022 г.).....	129
Приложение М.4. Засоренность посевов льна масличного в зависимости от нормы высева (2023 г.).....	130
Приложение Н.1. Всходы льна масличного, шт./м ² , 2020 г.	131
Приложение Н.2. Всходы льна масличного, шт./м ² , 2021 г.	132
Приложение Н.3. Всходы льна масличного, шт./м ² , 2022 г.	133
Приложение Н.4. Всходы льна масличного, шт./м ² , 2023 г.	134

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Ключевой причиной возрождения интереса ко льну масличному служит высокая рентабельность его возделывания (Зеленцов С.В., 2017). Порог экономически выгодной урожайности семян, по разным источникам, составляет 5–6 ц/га (Лукомец В.М., 2012; Колотов А.П., 2015; Медведев Г.А., 2016).

В Российской Федерации обширные исследования по технологии возделывания льна масличного ведут ученые ВНИИ масличных культур им. В.С. Пустовойта (Дьяконов А.Б., 2006; Галкин Ф.М., 2008; Бушнев А.С., 2011; Лукомец В.М., 2012; Мамырко Ю.В., 2018), Татарстана (Гайнуллин Р.М., 2008; Пономарева М.Л., 2010), Среднего Урала (Колотов А.П., 2022), Курганской области (Порсев И.Н., 2017), Алтайского края (Антонова О.Н., 2014; Латарцев П.Ю., 2022), Тюменской области (Першаков А.Ю., 2022) и Омской области (Кузнецова Г.Н., 2021; Лошкомойников И.А., 2021). Хотя здесь опыты проводились преимущественно в южной лесостепи. Повышается интерес ко льну масличному и за рубежом: в Индии (Rajan F., 2014), Пакистане (Rama T., 2014), Канаде (Westcott N.D., 2003), Чехии (Ludvicova M., 2015). По данным FAO, в 2016 г. лен масличный выращивался на площади 2,76 млн га (Linseed ..., 2019).

В наших опытах предпринята попытка выяснить возможность и целесообразность возделывания льна масличного в засушливых условиях степной зоны Западной Сибири.

Цель исследований: выявить оптимальные приемы возделывания льна масличного в засушливых условиях степной зоны Западной Сибири.

Задачи исследований:

1. Определить оптимальный срок посева и норму высева льна масличного.
2. Выявить оптимальный расход рабочей жидкости при опрыскивании посевов льна масличного гербицидами.

3. Оценить эффективность средств химизации на посевах льна масличного.

Научная новизна: впервые в условиях степной зоны Западной Сибири изучены основные приемы возделывания льна масличного. Определены оптимальные сроки посева, нормы высева и расхода рабочей жидкости при опрыскивании посевов гербицидами. Выявлены эффективные средства химизации.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в совершенствовании и обосновании приемов возделывания льна масличного в степной зоне, основанных на оптимальных сроках посева, нормах высева, расходах рабочей жидкости при обработке посевов гербицидами и применении средств химизации.

Методология и методы исследований. Методология исследований базировалась на изучении научной литературы, проведении полевых опытов, лабораторных исследований, фенологических наблюдений и учетов, статистической обработке экспериментальных данных и анализе полученных результатов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Оптимальные сроки посева и нормы высева льна масличного в степной зоне Западной Сибири, средства химизации позволяющие увеличить продуктивность культуры и качества продукции.
2. Экономическая целесообразность интенсификации технологии возделывания льна масличного в степи Западной Сибири.

Степень достоверности результатов исследований подтверждена математической обработкой основных данных, полученных в 2020–2023 гг. в полевых и лабораторных опытах.

Апробация результатов работы. Результаты исследований докладывались и обсуждались на заседаниях кафедры агрономии, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО Омский ГАУ, на научно-практических конференциях: «Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья» (г. Омск, ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 24 марта 2022 г.); «Инновационные решения и тренды развития

технологий продуктов здорового питания» (г. Омск, ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 25 ноября 2022 г.).

По результатам исследований опубликовано 7 научных работ, в том числе 3 в изданиях ВАК РФ и 1 – в издании, входящем в базу данных Scopus.

В основу диссертационной работы положены собственные исследования автора, проведенные в 2020 – 2023 гг.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 136 страницах печатного текста и состоит из введения, 6 глав, заключения, рекомендаций производству, списка литературы, включающего 184 наименования, в том числе 17 на иностранных языках. Основной текст диссертации содержит 64 таблицы и 13 рисунков.

Личный вклад автора. Диссертационная работа является результатом анализа и обобщения исследований, проведенных лично автором в 2020–2023 гг. Автором осуществлена разработка программы исследований, заложены и проведены полевые и лабораторные опыты, наблюдения, учеты и анализы. Выполнены необходимые расчеты и статистическая обработка полученных результатов, а также выводы и рекомендации производству.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю – доктору сельскохозяйственных наук, профессору Рендову Н.А. за руководство и всестороннюю помощь в подготовке диссертационной работы. Искренняя признательность за активное содействие профессорско-преподавательскому составу кафедры агрономии, селекции и семеноводства Омского ГАУ.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСОВ БИОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Лён масличный является одной из древнейших и ценнейших масличных культур. Опираясь на источники литературы, лён относят к культуре, которую человек начал культивировать еще много тысяч лет назад. За 4–5 тыс. лет до н. э. лён выращивали в Египте, Ассирии и Месопотамии. Есть предположение, что культурный лён происходит из Юго-Западной и Восточной Азии (крупносемянные формы – из Средиземноморья) (Коренев, Г. В., 1990). Выращивают лён масличный в Индии, США, Канаде, Аргентине. В XVIII–XIX вв. лён начали разводить в России. В нашей стране его посевы размещены в Центральном-Черноземной зоне, Поволжье, Западной Сибири и Средней Азии (Технические ..., 1986). Старый район льносеяния – Северный Кавказ (в конце XIX в. его возделывали на площади около 500 тыс. га) (Большая ...). До XIX в. в России в основном потребляли льняное, горчичное и конопляное масло. В 90-е годы в Российской Федерации посевные площади льна масличного снизились с 43 (1990) до 5 тыс. га (1995). По мере того как раскрывались уникальные качества льняного семени, интерес ко льну масличному все возрастал.

В Российской Федерации в 2016 г. посевная площадь льна масличного составила 709 тыс. га (+76 тыс. га к посевной площади прошлого сезона), валовый сбор достиг рекордных 600 тыс. т. Основные льносеющие регионы России – Ставропольский край, Ростовская, Самарская, Саратовская и Волгоградская области. Быстро расширяется производство льна масличного в Алтайском крае. Выращивают его в небольших количествах и в других регионах – Пензенской, Воронежской, Курской, Оренбургской областях, в Республиках Кабардино-Балкарской, Северной Осетии-Алании, Башкортостане и Краснодарском крае.

Ценность льняного семени определяется прежде всего содержанием в нем масла 46–50 %, которое превосходит другие масла по потребительским свойствам (Перспективная ..., 2010; Гулидова В.А., 2016; Лен масличный ..., 2020). Поэтому

льняное масло нашло применение в лакокрасочной, кожевенно-обувной, мыловаренной, фармацевтической, парфюмерной промышленности и в кулинарии (Шпаар Д., 2013; Рекомендации ..., 2019).

В масле льна имеется целый ряд полезных органических веществ (ферменты, витамины, стеролы, лигнаны, пищевые волокна), благотворно влияющих на здоровье людей (Alderczeutz H., 1984). Льняное масло можно использовать для лечения многих болезней (Holman R.T., 1994), в частности, сахарного диабета, ожирения, болезней печени, кожи и других (Zimmerman D.C., 1988; Пономарева М.Л., 2010). Лечебные свойства обусловлены высоким содержанием линолевой кислоты, способствуя выведению из организма холестерина, улучшению обмена белков и жиров, нормализации артериального давления, уменьшению вероятности образования тромбов и опухолей (Филиппова И.А., 2003; Галкин Ф.М., 2008). У льняного масла омолаживающее и ранозаживляющее действие при ожогах, обморожениях, лучевых поражениях кожи (Гайнуллин Р.М., 2005); защищает организм человека от рака (Мюррей М., 1999), замедляет деление клеток при опухолях (Понажев В.П., 2013). Даже здоровым людям льняное масло полезно при высоких нагрузках и работе на вредных производствах (Прозоровская Н.Н., 2008).

После извлечения из льняных семян масла получают жмых или шрот (при экстрагировании), которые используют в качестве ценного концентрированного корма для животных. Если в жмыхе содержание белка составляет 30,8 %, а масла – 6,8 %, то в шроте – 33,6 % белка и 2,5 % масла. Следует отметить, что лён масличный способствует решению белковой проблемы в животноводстве, в частности, при использовании жмыха (Северов В.И., 2002; Лен ..., 2012), а также в птицеводстве (Буряков Н., 2005). Если же шрот облить теплой водой, он разбухает и образует слизь, которая состоит из пектиновых веществ, ценных в диетическом отношении.

Лён масличный, по ботанической классификации, относят к виду *Linum usitatissimum* L. и преимущественно межеумочному типу (Лен масличный ..., 2008; Шмаков П.Ф., 2013; Лен масличный ..., 2013). Хотя еще в 1984 г. лён упоминался в СССР прежде всего как прядильная культура (Полевые ..., 1984).

Последние годы снизился интерес к применению льняной соломы. Хотя из нее можно получать короткое волокно, которое используют в ряде отраслей промышленности (Коломникова Г.Д., 1978; Кузнецова Г.Н., 2004; Федосова Н.М., 2006).

По мере повышения интереса к культуре льна масличного расширяются научные исследования технологии его возделывания. Широкое участие в этом принимают ученые Чехии (Ludvicova M., 2015), Индии (Kumar A., 1989; Rajan A., 2014), Пакистана (Rama T., 2014; Muhammad T., 2014), Канады (Westcott N.D., 2003) и ряд других зарубежных исследователей (Zundorf K., 1988; Rahimi M.M., 2011; Zang Z-S., 2011; Zaza A., 2012).

По данным FAO, в 2016 г. лен масличный выращивался на площади 2,76 млн га, а валовый сбор маслосемян составил более 2,9 млн т (Linseed ..., 2019).

В Российской Федерации обширные исследования по технологии возделывания льна масличного ведут ученые ВНИИ масличных культур им. В.С. Пустовойта (Лукомец В.М., 2010, 2012; Дьяков А.Б., 2006; Галкин Ф.М., 2008; Бушнев А.С., 2011; Мамырков Ю.В., 2018).

Для Татарстана характерны работы Гайнуллина Р.М., 2005, 2008; Пономаревой М.Л., 2010. Для Среднего Урала работы (Колотова А.П., 2014, 2015, 2019, 2020, 2022). Для Курганской области Порсева И.Н., 2017; для Омской области Лошкомойникова И.А., 2019; Кузнецовой Г.Н., 2004, 2017, 2021; для Алтайского края Антоновой О.Н., 2006, 2014, Латарцева П.Ю., 2020, 2021, 2022; для Тюменской области Першакова А.Ю., 2020, 2021, 2022.

Вводя лен масличный в структуру посевных площадей, следует учитывать, что при частом его возделывании накапливаются патогенные микроорганизмы, в частности, возбудители фузариозного увядания. По этой причине лен возвращать на прежнее место желательно через семь лет (Гаркуша С.В., 2011; Рекомендации ..., 2019). Но корневые выделения льна обладают способностью уничтожать ряд патогенных грибов. Поэтому он хороший предшественник для зерновых культур (Жученко А.А., 2000).

При разработке технологии возделывания льна масличного прежде всего обращают внимание на определение оптимальных сроков посева и норм высева (Бушнев А. С., 2011, 2016). На Среднем Урале при коротком вегетационном периоде рекомендуют высевать лен масличный в первой декаде мая (Колотов А.П., 2020). Для лесостепи Западной Сибири предлагали посев во второй-третьей декаде мая (Сафонов М.Д., 1954). Для южной лесостепи Омской области позднее был предложен более узкий срок – конец второй декады мая (Жамалова Д.Б., 2017).

Важно учитывать, что для полного развития растений льна необходима сумма активных температур 1600–1850°C, отсюда вегетационный период может составлять 90–110 суток (Полевые ..., 2003; Перспективная ..., 2010) или 87–108 суток (Колотов А.П., 2019, 2020).

При выборе оптимальной нормы высева льна масличного в большинстве работ отдается предпочтение более высоким из исследуемых показателей. Прежде всего это характерно для зон хорошего увлажнения. Так, для Северного Урала рекомендуется высевать 7 млн всхожих семян на гектар (Колотов А.П., 2020). Здесь же предлагается не конкретная норма, а необходимость перед уборкой иметь 550–600 растений на 1 м² (Пономарев А.Б., 2019). Для Нечерноземной зоны России рекомендовано высевать 8 млн/га (Гореева В.Н., 2016; Егорова Н.С., 2018). В условиях северной лесостепи Тюменской области лучшее сочетание урожайности и элементов ее структуры получено при высева 9 млн/га (Першаков А.Ю., 2020, 2021, 2022).

В лесостепной зоне Западной Сибири оптимальной нормой высева признается 8 млн/га, но оговаривается, что при продвижении на юг она снижается до 6 млн/га (Лошкомойников И.А., 2019).

Для более засушливых зон рекомендации расходятся. Если в Ростовской области в 2015 г. урожайность не зависела от нормы высева, то в 2016 г. была выше при 8 млн/га (Белевцев Д.Н., 2016). В Краснодарском крае также колебания в урожайности семян льна масличного от 6 до 8 млн/га (Бушнев А.С., 2016).

В Северном Казахстане в засушливых условиях все же рекомендуется высевать 7 млн/га (Жамалова Д.Б., 2017, Тулькубаева С.А., 2023). Хотя уточняется,

что в засушливые годы лучше уменьшить норму высева (Долгова Л.П., 1969). Более расширенная рекомендация в таких условиях – 6– 8 млн/га (Сентябрев А.А., 2011). Жестче снижение нормы высева предлагается для Волгоградской области – 5,5– 6 млн/га (Медведев Г.А., 2015).

Имеющиеся сведения следует учесть при выборе нормы высева для засушливых условий степи Омской области.

Рассматривая проблему борьбы с сорняками в посевах льна масличного, следует иметь в виду, что он наименее конкурентоспособен в борьбе с ними (Лен..., 2012, 2013). В начальные фазы вегетации развитие растений льна происходит очень медленно (Кутузова С.Н., 1999). Без мероприятий по борьбе с сорной растительностью получение высоких урожаев льна невозможно (Бушнев А.С., 2020). Отсюда использование в технологии гербицидов – обязательное условие (Виноградов Д.В., 2016). Без применения гербицидов производство льна нерентабельно (Голев А.А., 2017).

Предлагается целый ряд вариантов применения гербицидов. Возможно использование раздельного внесения Секатор Турбо, МД (0,1 л/га) и Миура, КЭ (1,2 л/га) (Бушнев А.С., 2020), а также баковых смесей для подавления как двудольных, так и злаковых сорняков (Бушнев А.С., 2019). Высокую прибавку урожая льна показало использование смеси Магнум, ВДГ (5 г/га) + Хакер. ВРГ – 120 г/га (Виноградов Д.В., 2016); смеси Магнум, ВДГ – 0,006 кг/га + Корсар, ВРК – 1,0 л/га (Авдеенко А.П., 2015); баковой смеси Зеллек – супер, КЭ – 0,5 л/га + Лонтрел-300, ВР – 0,2 л/га (Медведев Г.А., 2013). Возможно внесение в почву гербицида Фронтьер (1,2 л/га) и послевсходового – Секатор – 0,1–0,15 л/га (Дряхлов А.А., 2004).

Для повышения урожайности семян льна масличного существенную роль может играть применение удобрений. Мнения исследователей зачастую расходятся. Часть авторов отдают предпочтение азотному удобрению. При этом наименьшая себестоимость 1 т семян от нормы N_{30} – 2130 руб. (Гайнуллин Р.М., 2008). Важность азотного удобрения связывают с тем, что из всех элементов, поглощаемых льном, наибольшее количество приходится на азот (Тишков Н.М., 2005). Его недостаток в

питании в течение 20 дней от начала образования 5–6 листьев особенно резко снижает урожай льносемян (Музыкантов П.Д., 2003, Бушнев А.С., 2016). Еще категоричнее мнение о том, что растения льна должны быть обеспечены азотом уже с фазы всходов (Церлинг В.В., 1975).

На образование 1 т семян лен расходует до 60–75 кг азота. При небольшом потреблении азота в начале вегетации для высокого урожая необходимо его достаточное поступление в растения (Лен ..., 2008). На 10 кг действующего вещества азотных удобрений лен обеспечивает прибавку урожая на 0,01–0,04 т/га (Кобякова Т.И., 2020). За короткий период от начала до массового цветения потребление азота достигает 90 % (Куанышкалиев А.Т., 2008). Увеличение дозы азота в удобрении способствует повышению урожайности семян льна, их масличности и содержания белка (Латарцев П.Ю., 2021). Наилучшие условия обеспеченности растений льна минеральными формами азота достигаются при внесении жидких азотных удобрений (Латарцев П.Ю., 2020). Хотя в условиях неустойчивого увлажнения южных регионов применение азотных (N_{60}) и сложных ($N_{60}P_{30}K_{30}$) минеральных удобрений под предпосевную культивацию и даже азотных (N_{30}) в фазе «ёлочки» может быть неэффективным (Мамырко Ю.В., 2018).

Значительная часть исследователей склонна к рекомендациям внесения основных элементов питания – азота, фосфора и калия. Например, предлагается сочетать внесение аммиачной селитры с азофоской (Антонова О.И., 2014; Латарцев П.Ю., 2000). Важность хорошего обеспечения фосфором растений льна объясняется формированием более развитой корневой системы (Тишков Н.М., 2002). В Алтайском крае под предпосевную обработку предлагается внесение $(NPK)_{20-40}$ (Антонова О.И., 2014). В Курганской области от $(NPK)_{32}$ прибавки урожайности достигали 1,61 т/га (Порсев И.Н., 2017).

Разброс рекомендуемых норм внесения основных элементов питания достаточно велик. Так, по данным М.А. Носевича, сорт льна Северный реализовал свою потенциальную урожайность 2,9 т/га при внесении $N_{30}P_{30}K_{60}$ (Носевич М.А., 2016). В условиях Северо-Казахстанской области оптимальной нормой оказалась $N_{30}P_{60}K_{45}$ (Долгова Л.П., 1969).

Если судить по окупаемости удобрений дополнительным урожаем, то в Омской области она выше при $N_{30}P_{60}K_{60}$ – 1,26 т/га, хотя максимальная урожайность при $N_{90}P_{120}K_{120}$ (Храмцов И.Ф., 2004).

На черноземных и каштановых почвах оптимальной дозой предлагается $N_{60}P_{60}K_{30}$ (Шамурзаев Р.И., 2009), $(NPK)_{60}$ (Бражников В.Н., 2019). На серой лесной почве – $N_{50}P_{90}K_{70}$ (Сычев В.Г., 2011). Для Северного Зауралья считается необходимым увеличение доли азота – $N_{60}P_{25}K_{25}$ (Першаков А.Ю., 2022). В условиях Тульской области наибольшую прибавку урожая обеспечивает $(NPK)_{90}$. Однако экономически целесообразнее $(NPK)_{20-40}$ (Северов В.И., 2000).

Для Нечерноземной зоны России рекомендуется $N_{90}P_{60}K_{20}$ (Кочкин А.С., 2010) или $N_{90}P_{60}K_{60}$ (Кунцевич А.А., 2015; Виноградов Д.В., 2015). Хотя отмечается возможность снижения масличности семян льна при внесении удобрений (Першаков А.Ю., 2021). Однако сбор масла с 1 га повышается, равно как и белка (Дьков А.Б., 2006).

При современных ценах на минеральные удобрения следует учесть тот факт, что наименьшая себестоимость (2729 руб./т) и максимальный уровень рентабельности (83 %) при внесении только N_{30} (Гайнуллин Ф.М., 2008; Sheppard S.C., 1988) или внесении аммофоса одновременно с посевом (Тишков Н.М., 2005).

При выборе удобрений следует обратить внимание на использование микроудобрений (Геваркова Е.Э., 2019). Лучшее их применение в хелатной форме (Гейгер Е.Ю., 2017), а также в комплексе с регуляторами роста (Кшникаткина А.Н., 2018).

Минеральные удобрения могут повлиять не только на величину урожайности семян льна масличного, но и на содержание в них масла и белка. Здесь мнения авторов расходятся. В условиях Центрального Нечерноземья отмечалось отсутствие четкой закономерности увеличения содержания масла от внесения удобрений (Кунцевич А.А., 2015) или незначительное повышение (Виноградов Д.В., 2010). Для Ставрополья максимальное содержание масла в семенах фиксировали при внесении $N_{60}P_{90}K_{20}$ (Кочкин А.С., 2010; Лен ..., 2013). Для Северного Казахстана такое влияние оказывало внесение $N_{30}P_{60}K_{45}$ (Долгова Л.П.,

1969). В Алтайском крае отмечалось существенное повышение содержания белка и масла в семенах льна при внесении $N_{69}P_{26}$ (Латарцев П.Ю., 2021).

В зонах неустойчивого увлажнения внесение N_{60} и $N_{60}P_{30}K_{30}$ под предпосевную культивацию неэффективно (Мамырко Ю.В., 2018). При более благоприятном увлажнении Нечерноземной зоны РФ продуктивным считается вариант с $N_{90}P_{60}K_{60}$ (Кунцевич А.А., 2015). Даже для южной лесостепи Курганской области внесение $N_{32}P_{32}K_{32}$ обеспечило прибавку урожая семян льна сорта Северный в 1,61 т/га (Кунцевич Н.А., 2018). В южной лесостепи Омской области наибольшая отдача продукцией как от азотного удобрения, так и от сочетания с фосфором и калием (Кузнецова Г.Н., 2004).

Отметим и противоположное мнение о влиянии удобрений на качество семян льна масличного. В Северном Зауралье внесение удобрений из расчета получения 2 и 3 т семян с гектара приводило к снижению масличности (Першаков А.Ю., 2021; Хаустова С.А., 2022). В работе А.Б. Дьякова представлен ряд зарубежных данных о том, что улучшение азотного питания приводит не только к повышению урожаев семян, но и к снижению их масличности (Дьяков А.Б., 2006). Подобное влияние возможно и на содержание сырого протеина (Бражников В.Н., 2019). Особо отмечается, что снижение содержания масла в семенах связано с избытком азота (Шамурзаев Р.И., 2009), а также с засушливой погодой (Ермаков А.И., 1958). Хотя есть мнение о повышенной масличности семян льна в засушливых условиях 2021 г. (Свердловская область) (Колотов А.П., 2022).

Наиболее эффективным методом удобрения в настоящее время являются внекорневые подкормки, которые быстро и целенаправленно уравнивают дисбаланс питательных веществ (Даниленко Ж.Н., 2020).

В вопросах требований льна масличного к обеспеченности почвенной влагой наиболее категорично мнение о возможности возделывания этой культуры в тех регионах, где сумма выпавших осадков за май и июнь превышает 100 мм (Шпаар Д., 1999). Для Алтайского края лен считается достаточно влаголюбивым растением. Желательным оговаривается запас влаги в слое почвы 0–20 см – 30–50 мм. При этом наивысшая потребность в воде перед началом бутонизации

и в следующие 2–3 недели (Антонова О.И., 2014) или за 2 недели до бутонизации и до двух недель после цветения (Hussein M.M., 1983).

С другой стороны, есть противоположное мнение: лен масличный – засухоустойчивое растение, способное переносить засуху до начала цветения. При этом на образование 1 т семян расходуется до 440 т воды (Лен ..., 2008, Егорова Н.С., 2018). По данным МСХА, на образование единицы сухого вещества лен масличный расходует 400–430 единиц воды (Никитин Д.И., 1996) или 440 т в Краснодарском крае (Лен ..., 2008).

Более подробны рекомендации В.И. Кирюшина: во влажные годы коэффициент водопотребления льна составляет 240–250, в средние по увлажнению годы – 300–310 и в засушливые – 370–380 (Кирюшин В.И., 1996).

Масса 1000 семян льна масличного составляет 6,5–9 г (Перспективная ..., 2010; Бражников В.Н., 2019; Колотов А.П., 2019). Отсюда важность соблюдения глубины посева. Для Краснодарского края – 3–5 см (Перспективная ..., 2010). В Омской области рекомендуется высевать во влажную почву на 3–4 см, а при подсыхании верхнего слоя и до 5–6 см (Рекомендации ..., 2019). На дерново-подзолистых почвах предлагают семена льна заделывать на 3,1–4 см (Гореева В.Н., 2013). Для Северного Урала оптимальная глубина заделки семян всего 2 см (Колотов А.П., 2020). В условиях Тюменской области нормальной считается глубина 4–5 см, а на легких почвах и до 6–7 см (Першаков А.Ю., 2022).

По мере появления всходов льна масличного определяют полноту всходов. На этот показатель оказывает влияние ряд факторов. Отмечено, что чем меньше высевается семян на единице площади, тем выше полнота всходов (Авдеенко А.П., 2015; Медведев Г.А., 2015). То же самое и по сохранности растений (Лен ..., 2013). Положительное действие на полноту всходов оказывают азотные удобрения, но снижают сохраняемость растений (Носевич М.А., 2016). Однако достаточная влагообеспеченность важна для льна уже в период от посева до появления всходов, так как вследствие неглубокой заделки семян от этого зависит их полнота всходов (Mingeau M., 1977).

Повышенный интерес ко льну масличному в последние годы объясняется высокой экономической эффективностью. В южной лесостепи Западной Сибири уровень рентабельности составлял 98,8–101,1 % (Кузнецова Г.Н., 2004). А за 2016–2020 гг. достигал 120,4–210,8 % (Кузнецова Г.Н., 2021). В Краснодарском крае даже урожайность семян 0,59 т/га обеспечивала рентабельность на уровне 20 %. А при урожайности 1 т/га она приближалась к 100 % (Лукомец В.М., 2012).

По мнению Г.А. Медведева, даже при получении 5–6 ц/га семян льна масличного он является рентабельным (Медведев Г.А., 2016). При использовании смеси гербицидов Агритокс (0,8 л/га) + Пантера (1л/га) уровень рентабельности достигал 92,8 % (Кунцевич А.А., 2015). В Тюменской области на фоне минерального питания $N_{90}P_{25}K_{25}$ уровень рентабельности – 102 % (Першаков А.Ю., 2022). По Сибирскому ФО порог минимальной урожайности льна масличного, обеспечивающий окупаемость затрат, – 0,68 т/га (Лукомец, В.М., 2010).

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Степная зона Омской области, где на полях КФХ «Орлов А.М.», расположенных в Одесском районе, проводились исследования в 2020 – 2023 гг., представляет ровные безлесные и безводные пространства (Агрофизическая ..., 1976; Система ..., 2020).

Черноземы обыкновенные в структуре почвенного покрова Омской области определяют в размере 2,8 % от общей площади: 914,9 тыс. га, доля пашни – 19,4 % (880,0 тыс. га).

2.1. Климатические и погодные условия зоны

Территория Омской области расположена на юге Западно-Сибирской низменности и представляет слаборасчлененную равнину с незначительным превышением над уровнем моря и плавным уклоном к северо-западной части равнины и вблизи долины Иртыша. Площадь области составляет 141 тыс. км².

Климат степной зоны Западной Сибири – типично континентальный и формируется под влиянием географических и климатических особенностей Азиатского материка. Приток холодных арктических масс воздуха с севера и сухих, теплых с территории Казахстана и Средней Азии обуславливает континентальность и неустойчивость погоды (Агроклиматический ..., 1959; Мезенцев В.С., 1961; Иванов В.К., 1971; Рейнгард Я.Р., 2009; Система ..., 2020).

Основными чертами температурного режима степной зоны, по данным ГМС Одесская, являются холодная и продолжительная зима, короткое жаркое лето, резкие колебания температуры. Среднемесячная температура июля достигает 19 °С, наиболее теплый месяц в степной зоне – июль, температура может достигать в дневное время 40 °С. Повышение среднесуточной температуры воздуха выше 0 °С происходит во второй декаде апреля, переход температуры воздуха ниже 0 °С – в первой декаде октября. Продолжительность вегетационного периода в среднем

составляет 160 дней. Сумма эффективных температур в теплый период в среднем – 2100 °С. Количество выпавших осадков за год в среднем – 270 – 320 мм, в том числе за теплый период 210 – 280 мм, в период активной вегетации 160 – 180 мм.

В степной зоне Омской области зачастую в метровом слое почвы в весенний период содержится менее 100 мм продуктивной влаги, в июле обычно показатель снижается до 35 мм. Низкие влагозапасы в почве сохраняются в течение всего периода вегетации: от 20 до 50 мм продуктивной влаги.

Особенностью климата степной зоны является неравномерное распределение осадков в течение года и по годам в целом. В летнее время происходит выпадение большего количества осадков, а остальное количество приходится на январь – март. Главный недостаток в летнее время при выпадении осадков в виде дождя – в малой интенсивности (до 5 мм) и крайней неравномерности по территории при грозовых явлениях. Нередко в весенний период наблюдаются пыльные бури (Агроклиматический ..., 1959).

Устойчивый снежный покров образуется в первой половине ноября, максимальная его величина достигается в конце зимы – в среднем до 20–30 см. Отметим, что распределение снежного покрова происходит неравномерно. В зимний период на малозаснеженных участках промерзание грунта достигает 140–200 см.

Описание метеорологических наблюдений было составлено по данным государственной метеорологической станции Одесская, филиала ФГБУ «ОБЫРТЫШСКОЕ УГМС».

Основными чертами температурного режима является суровая холодная зима, краткое жаркое лето, непродолжительные весна и осень. Ход основных метеоэлементов для степной зоны Омской области представлен по данным ГМС Одесская (рисунок 1).

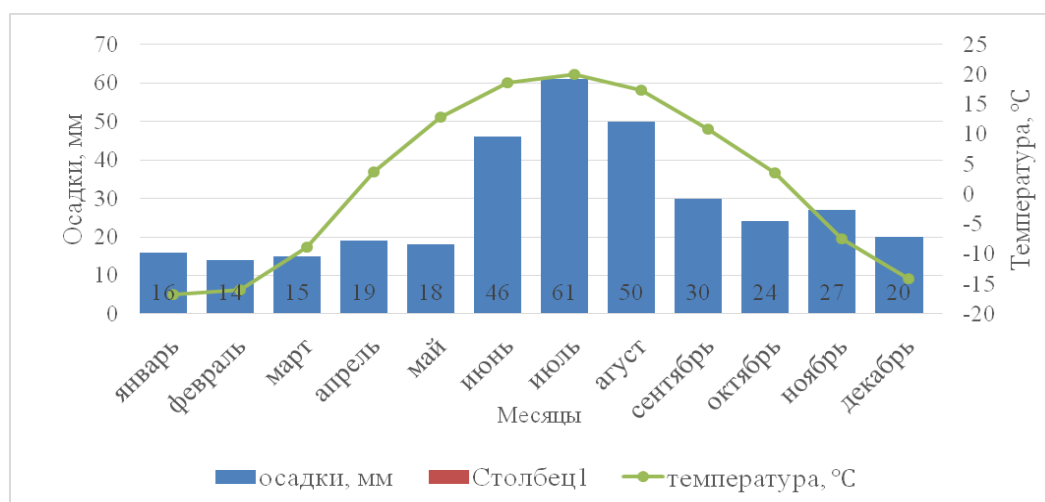


Рисунок 1 – Годовой ход основных метеорологических элементов (средне многолетние данные ГМС Одесская)

Среднегодовая амплитуда колебаний температуры воздуха достигает 36,7 °C, максимум – в июле (+20,0 °C), минимум – в январе (–16,7 °C). Переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °C происходит во второй декаде апреля. Характерно крайне неравномерное распределение осадков как по годам, так и в течение года.

Общая картина по осадкам за вегетационные периоды представлена на рисунке 2 и в приложении А.

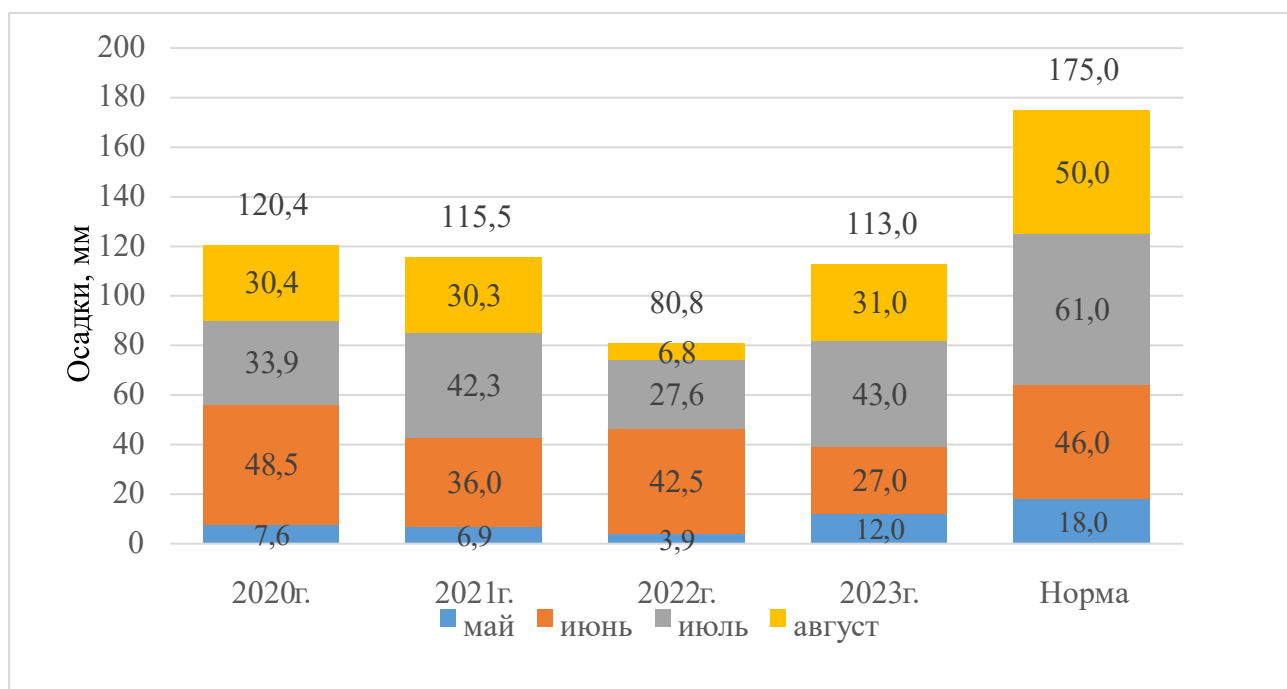


Рисунок 2 – Сумма осадков за вегетационные периоды, мм

Летние осадки выпадают чаще в виде кратковременных дождей несущественной величины (до 5 мм) либо ливневого характера с крайне неравномерным распределением на территории. Зимние осадки по отношению к годовым составляют не более трети.

Температура в мае 2020 г. была выше климатической нормы на + 1,8 °С, это незначительное отклонение. Фактическая температура составила 19,8 °С. За это время количество осадков не превысило 7,6 мм, при норме в 18,0 мм, дефицит осадков – 57,7 % от средней многолетней нормы.

Июнь 2020 г. оказался немного холоднее климатической нормы. Фактическая температура составила 17,2 °С, тогда как температурная норма 18,8 °С, отклонение – 1,6 °С. Осадки были крайне неравномерно распределены по декаде. При норме 46 мм фактическое количество осадков превзошло норму на 105 %.

В июле картина складывалась следующим образом. Превышение среднемноголетней нормы по температурному режиму на + 1,9 °С (при норме 19,9 °С), существенный дефицит осадков при норме в 61 мм; фактическое количество выпавших осадков составило 33,9 мм (55,6 % от нормы).

Повышенный температурный фон и дефицит осадков неблагоприятно сказались на культуре в момент цветения.

Август был также выше по температурному режиму, хорошей влагозарядки почвы атмосферными осадками не произошло. Отклонения температуры от нормы составили +2,0 °С, а количество осадков – 30,4 мм (60,0 %).

По анализу данных, в 2021 г. климатические условия складывались неблагоприятным образом.

Май 2021 г. по всем декадам превышал климатическую норму по температурному режиму в среднем на + 1,8 °С, при среднемноголетней – 18,8 °С. Дефицит осадков повлиял прямым образом на полноту всходов, при среднемноголетней норме в 18 мм фактическое количество выпавших осадков составило 4,6 мм (меньше на 74,5 %).

Июнь 2021 г. был холоднее на 1,3 °С, при норме 18,8 °С, температура не оказала существенного влияния на культуру. Осадки были более равномерно

распределены по декаде, но их было недостаточно, при норме 46 мм фактическое количество – 36 мм (78 %).

Июль был достаточно теплым, но засушливым. Температура превысила климатическую норму на + 1,3 °С, в среднем составив 21,2 °С. Количество осадков за месяц 42,3 мм (69 % от нормы), из них основные пришлось на вторую декаду.

Температура августа превышала норму на + 1,7 °С, количество осадков не превысило 30,3 мм (ниже нормы на 39 %).

В мае 2022 г. климатические условия по температурному режиму складывались благополучно. Превышение среднемноголетней нормы + 0,2 °С, это никак не отразилось на посевной компании. Основная масса осадков выпала в третьей декаде, общее количество составило 3,9 мм (на 78 % ниже климатической нормы).

Июнь оказался более благоприятным как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. Средняя температура июня 19,2 °С, в сравнении с нормой выше на + 0,4 °С. Основная часть июньских осадков (42,5 мм – 92 % от нормы) выпала в третьей декаде – 24,0 мм.

Среднесуточная температура июля в 2022 г. (20,7 °С) была на + 0,8 °С выше нормы. Осадки за месяц распределились равномерно, общее количество за месяц составило 27,6 мм (при норме в 61 мм), недобор – 33,4 мм, это на 54,7 % меньше климатической нормы.

Август 2022 г. был благоприятен по температуре, фактическая температура совпала со среднемноголетней нормой, составив 18,0 °С. По осадкам август 2022 г. оказался крайне неблагоприятным: при месячной норме в 50 мм фактическое количество осадков составило 6,8 мм (на 86 % меньше нормы).

Климат 2023 г. складывался благоприятно для посева в третью декаду мая. Среднее же значение по температуре за май было ниже на 3,6 °С. Количество выпавших осадков за месяц составило 12 мм, при этом большая их часть – 8 мм выпала в третьей декаде, благоприятно повлияв на всходы льна масличного. Месячная норма – 18 мм, выпало 67 % от нормы.

Июнь 2023 г. оказался теплее обычного, средняя температура – 19,8 °С, что на + 1,0 °С выше климатической нормы. Основная масса осадков была распределена между второй и третьей декадой, составив 27 мм (на 41 % ниже нормы).

Температура июля 2023 г. была выше климатической нормы на 3,6 °С и составляла в среднем 23,6 °С, осадки выпадали равномерно в течение месяца.

В среднем за месяц выпало 43 мм, при норме 61 мм (70 % от нормы).

Август выделен как преимущественно теплый в сравнении с предыдущими годами, фактическая температура составила 18,5 °С, что на + 0,4 °С выше климатической нормы. В августе выпало 31 мм осадков (на 19 мм меньше климатической нормы – 62 % от нормы).

По сумме же среднесуточных температур воздуха показатели за 2020 – 2021 гг. превышали норму на 58 – 142 °С, только в 2022 г. уступали норме на 20 °С (рисунок 3; приложение Б).



Рисунок 3 – Сумма среднесуточных температур воздуха, °С

В итоге гидротермический коэффициент за 2022 г. составил 0,38, за 2020, 2021 и 2023 гг. – 0,53 (меньше нормы на 0,26 – 0,41). Отсюда очень засушливые условия в течение четырех лет подряд, по градации Л.Л. Журиной (Журина Л.Л.,

2012). Хотя, по среднемноголетним данным, зона увлажнения в степи оценивается как засушливая ($ГТК = 0,7 - 1,0$).

2.2. Почвенные условия

Полевые опыты закладывались в 2020 – 2023 гг. на черноземе обыкновенном среднесиловом малогумусовом тяжелосуглинистом (Мищенко Л.Н., 2002; 2007). Данные по агрохимическим свойствам почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Агрохимические свойства почвы опытного участка (глубина взятия образцов – 0–20 см)

Наименование показателей, размерность	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
pH	7,0	7,4	7,0	7,3
Подвижный фосфор, мг/кг	80	110	93	90
Подвижный калий, мг/кг	380	410	359	400
Нитратный азот, мг/кг	17	20	14	20
Органическое вещество, %	5,0	5,9	5,2	5,6

Переходя к рассмотрению агрохимических показателей, в среднем за четыре года исследований уровень pH почвы составил 7,18, при таких показателях реакция почвенного раствора является нейтральной. Содержание подвижных форм фосфора в почве варьировало от 80 до 110 мг/кг почвы, это характеризует среднюю степень обеспеченности. Содержание подвижных форм калия – очень высокое (359 – 410 мг/кг). Содержание в почве: нитратного азота – от 14 до 20 мг/кг почвы; органического вещества – от 5,0 до 5,9 %.

Профиль чернозема обыкновенного имеет специфическую серо-буроватую окраску. Структура чернозема имеет разрушенную обработками, комковатопылеватую или глыбистую массу. Мощность гумусовых горизонтов среднесиловых черноземов составляет 44 – 47 см, маломощных – 24 – 35 см.

Более подробное описание почвенного разреза представлено ниже:

<i>A_{max}</i>	Сухой, серый с буроватым оттенком, с поверхности пылит, к низу
0–25 см	влажнее и темнее. Местами бурые пятна от припахивания слоя гор. АВ. Комковато-пылеватый, тяжелосуглинистый. Переход ясный по линии вспашки и цвету.
<i>AB_к</i>	Темно-бурый, неоднородный, с небольшими заклинками породы и
25–37 см	гумусовыми широкими языками, уплотнённый, комковатый, сухой, тонкопористый, тяжелосуглинистый. Переход в гор. В ₁ постепенный.
<i>B_{1к}</i>	Бурый, неоднородный, с потеками гумуса и заклинками породы,
37–56 см	тяжелосуглинистый, бесструктурный, сильнокарбонатный, карбонаты в виде пятен. Переход постепенный в гор. С ₁ .
<i>C_{1к}</i>	Желтовато-бурый, неоднородный, с тонким окончанием гумусовых
56–96 см	потеков и бело-палевыми пятнами карбонатов, уплотненный, глинистый. Переход постепенный.
<i>C_{2к}</i>	Желтовато-бурый, однородный, плотный, бесструктурный,
96–142 см	глинистый, с редкими кристаллами и друзами гипса, карбонатный.

Как мы видим, за многие тысячелетия развития степные черноземы не в состоянии накопить много органики даже в естественных условиях. Биомасса в степных ландшафтах намного беднее лесостепных, лесных зон, поэтому формирование малогумусовых и маломощных почв – закономерное явление (Мищенко Л.Н., 2007, Рейнгард Я.Р., 2009).

2.3. Объекты и методика проведения исследований

Объектами наших исследований являлись: лён масличный, почва, удобрения, сорняки, гербициды.

Опыт 1: Определение оптимального срока посева льна масличного.

1 – 15 мая; 2 – 25 мая.

Опыт 2: Определение оптимального расхода рабочей жидкости при обработке гербицидами посевов льна масличного.

1 – 50 л/га; 2 – 100 л/га; 3 – 200 л/га.

Опыт 3: Определение оптимальной нормы высева льна, млн всхожих семян на гектар.

1 – 3; 2 – 4; 3 – 5; 4 – 6.

Опыт 4: Определение эффективности средств химизации на посевах льна.

1 – Гербициды – Агритокс, ВК – 1,0 л/га + Легион, КЭ – 0,4 л/га в фазу «ёлочки» льна (Г) – контроль;

2 – Гербициды + Альбит, ТПС – 30 мл/га в фазу «ёлочки» (ГА);

3 – Комплексная химизация – Гербициды + Лигногумат – 100 г/га в фазу «ёлочки» и Изагри Бор – 0,5 л/га в фазу бутонизации (КХ₁);

4 – Комплексная химизация – Гербициды + Альбит + Изагри Азот – 2 л/га в фазу «ёлочки» и Изагри Фосфор – 2 л/га в фазу бутонизации (КХ₂).

Все опыты закладывались на двух фонах минерального питания: 1 – без удобрений; 2 – N₁₂P₅₂ (аммофос) при посеве льна.

При проведении опытов руководствовались методиками Б.А. Доспехова, 1986; В.М. Лукомца, 2010.

Повторность в опытах четырехкратная, площадь делянок – 60 (2 х 30). Опыты закладывались в шестипольном севообороте: горох – пшеница – пшеница – лён – пшеница – ячмень.

В исследованиях применялась нулевая технология обработки почвы. За 7 дней до посева поля обрабатывали гербицидом сплошного действия (Кайман Форте, 687 г/кг д.в. глифосата кислоты). Посев ежегодно проводили посевным комплексом (Horsh Turbosem) с дисковым сошником (рисунок 4). Глубина заделки семян – 4 см.

Для обработки пестицидами применяли прицепной опрыскиватель Summers. Для уборки урожая льна масличного использовали комбайн Палессе GS 10 (рисунок 5).



Рисунок 4 – Посевной комплекс Horsh Turbosem (посев льна)



Рисунок 5 – Уборка урожая льна масличного комбайном Палессе GS 10

Характеристика изучаемых объектов, представленных в опыте:

Сорт льна масличного: Северный, выведен методом многократного индивидуального отбора из гибридной популяции от скрещивания линии из комплексного образца ВИР (Марокко К – 1994) на селекционную линию № 157. Сорт раннеспелый, вегетационный период – 80–104 суток. Высота растений – 50–65 см. Растения преимущественно одностебельные, стебель неопущенный, без антоциановой окраски. Урожайность семян – до 2,20–2,70 т/га, масличность семян – 47–48 %, йодное число масла – 183 ед. Масса 1000 семян – до 8,5–9,0 г. Сорт устойчив к фузариозу, полеганию и осыпанию. Включен в Госреестр по Западно-Сибирскому региону с 1994 г. Авторы: Крюкова В.В., Беляева Т.И.

Гербициды:

1. Агритокс, ВК (500 г/л МЦПА к-ты): МЦПА (димител – аминная + калиевая + натриевая соли, смесь). Гербицид системного действия, поглощается листьями и воздействует на надземные органы и корневую систему сорняков, подавляя синтез ростовых веществ и ферментов, угнетая процессы фотосинтеза и дыхания. Гербицид направлен на борьбу с двудольными сорняками.

2. Легион, КЭ (240 г/л клетодима). Гербицид относят к химическому классу циклогександинов. Системный препарат применяется для борьбы со злаковыми сорняками в посевах льна масличного. Отличается особенностью в

уничтожении широкого спектра одно- и многолетних злаковых сорняков, обеспечивая полную гибель корневой системы, предотвращая их отрастание, применяется не зависимо от стадии развития культуры.

Регулятор роста:

Альбит, ТПС (6,2 + 29,8 + 91,1 + 91,2 + 181,5 г/кг поли-бетагидроксимасляная кислота + магний сернокислый + калий фосфорнокислый + калий азотнокислый + карбамид). Комплексный биопрепарат, универсальный регулятор роста со свойствами фунгицида и комплексного удобрения. К основным преимуществам препарата относят: повышение урожая и качества всех сельскохозяйственных культур, усиление засухоустойчивости растений, снятие стресса при применении химических препаратов, совместимость с протравителями, фунгицидами, гербицидами и удобрениями.

Удобрения:

1. Лигногумат АМ – сухое минеральное удобрение на основе гуминовых кислот (50,0 %) с повышенным содержанием фульвокислот (25,0 %), содержащее микро- и макроэлементы, используемые для некорневых подкормок. В составе препарата присутствуют питательные вещества: бор (В) – 0,135 %; молибден (Мо) – 0,0135 %; калий (К) – 9,00 %; кобальт (Со) – 0,11 %; медь (Cu) – 0,11 %; железо (Fe) – 0,18 %; марганец (Mn) – 0,11 %; цинк (Zn) – 0,11 %; сера (S) – 3 %.

2. Изагри Азот – высококонцентрированное минеральное удобрение в форме суспензии с высоким содержанием азота (411 г/л). В его состав дополнительно входят как макро-, так и микроэлементы с различной концентрацией.

3. Изагри Фосфор – высококонцентрированное жидкое минеральное удобрение, богатое фосфором, в его состав входит комплекс аминокислотных микроэлементов: N 9,7 %; P₂O₅ 27,7 %, K 6,8 %; MgO 0,27 %; SO₂ 0,53 %; Fe 0,16 %.

4. Изагри Бор – жидкое органо-минеральное удобрение с повышенным содержанием бора (В – 12,32 %), а также дополнительным содержанием макро- и микроэлементов. Препарат оказывает положительное влияние на обмен веществ, а также стимулирует жизненно важные процессы в растении.

Полевые опыты сопровождались следующими наблюдениями:

1. Фенологические наблюдения и учет структуры урожая проводили по методике ГСИ (Методика ..., 1989).
2. Влажность почвы фиксировали термостатно-весовым методом. Образцы почвы отбирали в метровом слое через каждые 10 см в трехкратной повторности. Сроки отбора – при посеве и уборке урожая (Доспехов Б.А., 1985).
3. Плотность почвы определяли перед посевом по десятисантиметровым слоям (Качинский Н.А., 1965).
4. Биологическую активность почвы устанавливали методом аппликации (экспозиция – 90 суток) для слоя почвы 0–20 см в четырехкратной повторности (Востров И.С., 1961).
5. Определение нитратного азота осуществляли в слое почвы 0–20 см по Грандваль – Ляжу (ГОСТ 26488 – 85), подвижного фосфора и обменного калия – по Чирикову (ГОСТ 26204 – 91).
6. Засоренность посевов учитывали перед уборкой урожая количественно-весовым методом (Методика..., 1969), долю сорняков в агрофитоценозе – по методу Н.З. Милащенко, 1981 г.
7. Урожайность семян льна масличного вычисляли при отборе снопов с каждой делянки – два с переводом на 100%-ную чистоту и 13%-ную влажность.
8. Из посевных свойств семян льна определяли энергию прорастания и всхожесть семян, из технологических – масличность и содержание белка.
9. Экономическая оценка изучаемых мероприятий проводилась на основе технологических карт возделывания льна по методике отдела экономики СибНИИСХ (Кошелев Б.С., 2003).

ГЛАВА 3. ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРОКОВ ПОСЕВА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

За 2020–2022 гг. оценили два срока посева – 15 и 25 мая. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы при первом сроке посева ежегодно были менее 90 мм, что оценивается как плохой уровень (Вадюнина А.Ф., 1986). При посеве же льна 25 мая в 2021 г. отмечено удовлетворительное содержание влаги и в 2022 г. даже хорошее (таблица 2).

К уборке урожая льна уже не наблюдалось различий по запасам влаги между сроками посева. В 2020 г. они были очень плохими и в 2021–2022 гг. – плохими.

Таблица 2 – Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм

Фон химизации	Год	Посев 15 мая		Посев 25 мая	
		посев	уборка	посев	уборка
Гербициды	2020	85,8	37,8	88,0	49,2
	2021	87,9	64,0	113,8	68,8
	2022	88,7	62,2	135,0	60,6
	Среднее	87,5	54,7	112,3	59,6
Комплексная химизация	2020	78,1	41,4	78,8	45,8
	2021	87,2	62,2	102,4	64,0
	2022	83,2	63,2	136,4	63,9
	Среднее	82,8	55,6	105,9	57,9

Слабая обеспеченность почвы влагой сказывалась на полноте всходов льна. На посевах второй декады мая этот показатель, в среднем за 3 года, составил 58,3–60,0 % (таблица 3). На посевах третьей декады был выше на 19,0–20,0 %.

Недостаточное количество осадков за вегетационные периоды в годы исследований, по сравнению с нормой, приводило к изреживанию посевов льна.

Таблица 3 – Полнота всходов льна масличного, %

Срок посева	Год	Фон химизации			
		Гербициды	Гербициды + N ₁₂ P ₅₂	Комплексная химизация	Комплексная химизация + N ₁₂ P ₅₂
15 мая	2020	67,3	64,9	67,5	66,9
	2021	50,5	54,1	54,3	55,0
	2022	57,2	57,3	57,2	58,0
	Среднее	58,3	58,8	59,7	60,0
25 мая	2020	70,5	70,1	72,0	72,1
	2021	87,3	87,2	87,5	87,0
	2022	77,2	77,6	77,2	78,0
	Среднее	78,3	78,3	78,9	79,0

Выживаемость растений на посевах второй декады мая составила 46,8–54,4% (таблица 4). Увеличение применяемых средств химизации способствовало повышению выживаемости на 2,3–7,6 %.

Таблица 4 – Выживаемость растений льна масличного, %

Срок посева	Год	Фон химизации			
		Гербициды	Гербициды + N ₁₂ P ₅₂	Комплексная химизация	Комплексная химизация + N ₁₂ P ₅₂
15 мая	2020	50,2	53,3	58,0	59,1
	2021	42,2	45,6	48,0	50,3
	2022	48,1	48,3	50,4	53,8
	Среднее	46,8	49,1	52,1	54,4
25 мая	2020	55,1	55,2	59,4	60,3
	2021	64,4	64,7	65,0	66,1
	2022	62,7	63,1	63,3	65,0
	Среднее	60,7	61,0	62,6	63,8

На посевах в третьей декаде выживаемость была выше на 9,4–13,9 %. Однако превосходство этого срока посева уменьшалось по мере усиления фона химизации.

Преимущество в развитии растений льна на посевах третьей декады мая отразилось на урожайности семян. Хотя недостаток влаги во все три года опытов позволил получить в среднем только 0,868 т семян с 1 га на фоне применения гербицидов (таблица 5; приложения В₁, В₂, В₃). Внесение 1 ц аммофоса при посеве увеличило сбор семян только на 0,065 т/га, это в пределах ошибки опыта. Для лесостепи Омской области ранее указывалось, что влияние удобрений на урожайность льна проявлялось лишь в годы, благоприятные по увлажнению (Гудинова Е.Н., 1973). Усиление уровня химизации хотя и приводило к увеличению урожайности, но максимум до 1,105 т/га.

Таблица 5 – Урожайность семян льна масличного в зависимости от срока посева и фона химизации, т/га

Срок посева (А)	Год (С)	Фон химизации (В)			
		гербициды	гербициды + N ₁₂ P ₅₂	комплексная химизация	комплексная химизация + N ₁₂ P ₅₂
15 мая	2020	0,520	0,780	0,760	0,840
	2021	0,290	0,430	0,560	0,740
	2022	0,426	0,467	0,545	0,636
	Среднее	0,412	0,559	0,622	0,739
25 мая	2020	0,771	0,809	0,836	0,875
	2021	0,922	1,016	1,097	1,287
	2022	0,911	0,973	1,095	1,152
	Среднее	0,868	0,933	1,009	1,105
НСР _{0,5}	частные различия	0,020	AB		0,046
	фактор А	0,023	AC		0,040
	фактор В	0,033	BC		0,057
	фактор С	—	ABC		0,080

За счет каких параметров складывалась урожайность семян льна, рассмотрим по основным показателям структуры урожая. Так, различия проявлялись уже в высоте растений (таблица 6). На неудобренном фоне, в среднем за 3 года, при

первом сроке посева она составила 24,63 см. Преимущество более позднего посева достигло 8,7 см. На фоне аммофоса разница ещё больше – 9,81 см.

Таблица 6 – Высота растений льна в зависимости от срока посева, см

Срок посева	Фон удобрения	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
15 мая	0	33,50	20,40	20,00	24,63
	N ₁₂ P ₅₂	34,29	40,00	21,00	31,76
25 мая	0	37,30	22,70	40,00	33,33
	N ₁₂ P ₅₂	38,10	44,60	42,00	41,57

Более мощное развитие растений льна проявилось и в формировании числа стеблей на посевах 25 мая (таблица 7). Разница составила от 0,97 шт. на неудобренном фоне и 1,10 – на удобренном.

Таблица 7 – Число стеблей на растении льна, шт.

Срок посева	Фон удобрения	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
15 мая	0	2,16	1,33	1,50	1,66
	N ₁₂ P ₅₂	2,25	1,35	1,75	1,78
25 мая	0	2,40	2,60	2,90	2,63
	N ₁₂ P ₅₂	2,50	2,65	3,50	2,88

По числу сформировавшихся коробочек на каждом растении льна преимущество посевов 25 мая достигало 7,27 и 7,60 шт. по фонам удобрения (таблица 8).

Таблица 8 – Число коробочек на растении льна, шт.

Срок посева	Фон удобрения	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
15 мая	0	17,10	10,50	9,90	12,50
	N ₁₂ P ₅₂	18,00	10,70	10,80	13,17
25 мая	0	19,00	20,50	19,80	19,77
	N ₁₂ P ₅₂	20,00	20,80	21,50	20,77

Сформировавшихся семян на каждом растении льна в посевах 25 мая было больше, чем в посевах 15 мая (в зависимости от фона удобрения) на 46,0 и 46,1 шт. (таблица 9).

Таблица 9 – Число семян на растении льна, шт.

Срок посева	Фон удобрения	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
15 мая	0	113,6	66,3	64,0	81,3
	N ₁₂ P ₅₂	115,4	68,2	67,0	83,5
25 мая	0	124,0	130,0	128,0	127,3
	N ₁₂ P ₅₂	126,0	130,8	132,0	129,6

В результате это отразилось на показателях массы семян каждого растения (таблица 10). Разница достигала 0,334 и 0,341 г.

Таблица 10 – Масса семян на растении льна, г

Срок посева	Фон удобрения	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
15 мая	0	0,720	0,439	0,440	0,533
	N ₁₂ P ₅₂	0,765	0,480	0,470	0,572
25 мая	0	0,800	0,900	0,900	0,867
	N ₁₂ P ₅₂	0,850	0,940	0,950	0,913

И как итог масса 1000 семян льна на удобренном фоне возрастала при посеве 25 мая на 0,19 г и на фоне аммофоса – на 0,14 г (таблица 11).

Таблица 11 – Масса 1000 семян льна, г

Срок посева	Фон удобрения	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
15 мая	0	6,33	6,62	6,88	6,61
	N ₁₂ P ₅₂	6,63	7,04	7,01	6,89
25 мая	0	6,45	6,92	7,03	6,80
	N ₁₂ P ₅₂	6,75	7,19	7,20	7,03

В конечном счете выбор оптимального срока посева будет зависеть от экономической оценки. На фоне применения смеси гербицидов (Агритокс, ВК – 1,0 л/га + Легион, КЭ – 0,4 л/га) в фазу «ёлочки» (посев 15 мая) прямые затраты на 1 га составили 10 318 руб. (таблица 12). На посевах 25 мая они возросли на 327 руб./га. На фоне аммофоса эти различия составили 294 руб.

Таблица 12 – Экономическая эффективность возделывания льна масличного в зависимости от сроков посева и уровня химизации (среднее за 2020–2022 гг.)

Показатель	Срок посева	Фон химизации			
		гербициды	гербициды + N ₁₂ P ₅₂	комплексная химизация	комплексная химизация + N ₁₂ P ₅₂
Урожайность семян, т/га	15.05	0,412	0,559	0,622	0,739
	25.05	0,868	0,933	1,009	1,105
Прямые затраты на 1 га, руб.	15.05	10318	15021	11368	16065
	25.05	10645	15315	11664	16368
Себестоимость 1 т семян, руб.	15.05	25048	26870	18277	21739
	25.05	12264	16414	11560	14813
Стоимость продукции с 1 га, руб.	15.05	14143	19190	21353	25369
	25.05	29798	32029	34638	37934
Условно чистый доход с 1 га, руб.	15.05	3826	4170	9985	9305
	25.05	19154	16715	22974	21 567
Уровень рентабельности, %	15.05	37,1	27,8	87,8	57,9
	25.05	179,9	109,1	197,0	131,8

При комплексной химизации, когда к смеси гербицидов добавляли 100 г/га Лигногумата АМ в фазу «ёлочки» и в бутонизацию Изагри Бор – 0,5 л/га, прямые затраты составляли 11 368 руб./га при посеве 15 мая.

На посевах 25 мая прямые затраты возросли на 296 руб. При внесении аммофоса разница составила до 303 руб., естественно, уровень затрат наиболее заметно возрастал от применения при посеве аммофоса.

Существенные преимущества в урожайности семян льна на посевах 25 мая отразились на себестоимости продукции. Её снижение колебалось в зависимости от уровня химизации с 6717 руб. на фоне комплексной химизации до 13734 руб. при использовании только гербицидов. Опять же внесение аммофоса приводило к увеличению себестоимости 1 т семян на 1822–3462 руб.

Условно чистый доход с 1 га на фоне гербицидов при посеве 25 мая превышал этот показатель у посевов 15 мая на 15328 руб. В других вариантах эти колебания были в пределах 12262–12985 руб.

Уровень рентабельности на посевах 25 мая превосходил показатели более раннего посева на 73,9 – 142,8 %. Оптимальным был вариант с применением комплексной химизации – 197,0 %. Немногом уступали данные при обработке посевов только гербицидами – 179,9 %. Применение аммофоса снижало уровень рентабельности на 70,6 % при использовании гербицидов и на 65,2 % при комплексной химизации.

С учетом всех показателей экономически выгоднее применение комплексной химизации, где уровень рентабельности составил 197 %.

В более ранний период (1965–1967 гг.) для применяемого сорта льна масличного Сибиряк в условиях Северо-Казахстанской области оптимальным сроком посева признавали 5–7 мая (Долгова Л.П., 1969), хотя уровень урожайности составлял всего 3,04 ц/га.

ГЛАВА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСХОДА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ГЕРБИЦИДАМИ ПОСЕВОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

В степной зоне Омской области существует проблема не только обеспечения влагой растений, но и агрегатов при опрыскивании посевов. Понятно желание снизить её расход на единицу площади. Однако при экономии воды следует не допустить снижения эффективности применяемых пестицидов. В наших опытах была испытана возможность снижения расхода воды от 200 до 50 л/га.

Опыты проводили на фонах: без удобрений и с внесением 1 ц аммофоса при посеве льна.

Наблюдения за содержанием продуктивной влаги в метровом слое почвы за годы опытов показали, что при посеве в 2020 г. её запасы были на плохом уровне – 83,0–85,2 мм (таблица 13). В 2021 г. – на удовлетворительном – 101,1–116,0 мм. Лишь в 2022 г. – на хорошем – 132,7–139,4 мм. В вегетационные периоды ежегодно выпадало осадков меньше нормы. Таким образом к уборке урожая льна запасы влаги были на грани плохих и очень плохих.

Таблица 13 – Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм

Фон удобрений	Год	Расход рабочей жидкости, л/га	Продуктивная влага, мм	
			при посеве	при уборке
Без удобрений	2020 г.	50	85,2	42,2
		100	83,0	41,9
		200	83,2	41,3
	2021 г.	50	101,1	43,1
		100	103,0	43,0
		200	101,7	43,2
	2022 г.	50	132,7	60,6
		100	133,9	60,6
		200	137,3	61,0

Окончание таблицы 13

Фон удобрений	Год	Расход рабочей жидкости, л/га	Продуктивная влага, мм	
			при посеве	при уборке
N12P52	2020 г.	50	85,2	54,7
		100	83,0	54,3
		200	83,2	53,4
	2021 г.	50	114,2	42,2
		100	116,0	42,3
		200	111,6	41,3
	2022 г.	50	134,3	60,3
		100	139,4	67,5
		200	138,5	64,4

На появление всходов льна, посеянного на глубину 4 см, может повлиять уровень увлажнения верхнего десятисантиметрового слоя почвы (таблица 14). Здесь также выше показатели 2022 г. Соответствующие различия и по содержанию продуктивной влаги.

Таблица 14 – Состояние увлажнения верхнего (10 см) слоя почвы

Расход рабочей жидкости, л/га	Влажность почвы, %				Продуктивная влага			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
50	19,2	20,9	24,0	21,4	8,8	10,8	14,2	11,3
100	19,7	20,1	22,7	20,8	9,4	9,9	12,8	10,7
200	21,4	20,6	24,4	22,1	11,3	10,4	14,7	12,1
Среднее	20,1	20,5	23,7	21,4	9,8	10,4	13,9	11,4

При имеющемся количестве влаги в почве полнота всходов льна колебалась в узких пределах, в среднем за 3 года на неудобренном фоне составив 78,0–78,7 % (таблица 15). Внесение аммофоса не оказало влияния на рассматриваемый показатель.

Таблица 15 – Полнота всходов льна масличного, %

Фон удобрений	Расход воды, л/га	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Без удобрений	50	80,0	76,8	78,0	78,3
	100	80,4	76,2	77,4	78,0
	200	79,6	77,0	79,4	78,7
	среднее	80,0	76,7	78,3	78,3
N12P52	50	79,8	76,6	77,6	78,0
	100	80,0	76,2	77,8	78,0
	200	79,4	76,6	78,2	78,1
	среднее	79,7	76,5	77,9	78,0

При недостатке осадков за вегетационные периоды льна во все годы опытов его выживаемость на неудобренном фоне составила в среднем 53,9 %. Немногим больше этот показатель был и на фоне аммофоса – 54,2 % (таблица 16). Следует отметить лишь тенденцию увеличения выживаемости растений льна по мере роста расхода рабочей жидкости.

Таблица 16 – Выживаемость растений льна масличного, %

Фон удобрений	Расход рабочей жидкости, л/га	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Без удобрений	50	52,5	52,3	51,3	52,0
	100	55,2	55,2	52,5	54,3
	200	57,9	55,6	53,1	55,5
	среднее	55,2	54,4	52,3	53,9
N ₁₂ P ₅₂	50	52,1	48,3	52,3	50,9
	100	56,0	53,7	53,5	54,4
	200	58,7	57,6	55,4	57,2
	среднее	55,6	53,2	53,7	54,2

Заметнее положительное действие увеличения расхода рабочей жидкости на формирование массы растений льна. Если при расходе рабочей жидкости 50 л/га этот показатель составил 591 г/м на неудобренном фоне, то при 100 л/га больше на 70,3 г/м² и при 200 л/га – на 117,3 г/м² (таблица 17).

Таблица 17 – Масса растений льна масличного перед уборкой урожая, г/м²

Фон удобрений	Расход рабочей жидкости, л/га	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Без удобрений	50	550	598	625	591,0
	100	655	664	665	661,3
	200	715	710	700	708,3
	среднее	640,0	657,3	663,3	653,5
N ₁₂ P ₅₂	50	643	677	696	672,0
	100	677	706	722	701,7
	200	696	712	770	726,0
	среднее	672,0	698,3	729,3	699,9

Внесение аммофоса приводило к увеличению массы растений льна, более заметное при меньшем расходе рабочей жидкости. Превышение составило 81 г/м² при 17,7 г/м² на фоне 200 л/га.

При учёте массы сорных растений перед уборкой урожая льна выявлено: на неудобренном фоне увеличение расхода рабочей жидкости способствовало её уменьшению, в среднем за 3 года на 6,6 – 9,4 г/м² (таблица 18). На фоне аммофоса масса сорняков возрастала в среднем на 8,2 г/м², но также отмечено усиление подавления по мере роста расхода рабочей жидкости.

Таблица 18 – Масса сорных растений в посевах льна масличного перед уборкой урожая, г/м²

Фон удобрений	Расход рабочей жидкости, л/га	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Без удобрений	50	48,2	49,8	51,5	49,8
	100	43,9	42,2	43,6	43,2
	200	38,6	37,8	44,7	40,4
	среднее	43,6	43,3	46,6	44,5

Окончание таблицы 18

Фон удобрений	Расход рабочей жидкости, л/га	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
N ₁₂ P ₅₂	50	55,3	55,6	58,8	56,6
	100	55,6	47,4	51,9	51,6
	200	58,8	42,0	49,1	50,0
	среднее	56,6	48,3	53,3	52,7

В конечном счете это нашло отражение на уровне доли сорняков в агрофитоценозе льна масличного (таблица 19). Если при использовании 50 л/га рабочей жидкости на неудобренном фоне доля сорняков составляла 7,79 %, то по мере увеличения её расхода доля снижалась на 1,65–2,40 %. Подобная картина наблюдалась и на фоне аммофоса, где снижение составляло 0,82–1,35 %. Однако в среднем по всем нормам расхода рабочей жидкости зафиксировано хоть и небольшое (0,64 %), но увеличение доли сорняков на фоне удобрений.

Таблица 19 – Доля сорняков в агрофитоценозе льна масличного, %

Фон удобрений	Расход рабочей жидкости, л/га	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Без удобрений	50	8,06	7,69	7,61	7,79
	100	6,28	5,98	6,15	6,14
	200	5,12	5,05	6,00	5,39
	среднее	6,49	6,24	6,59	6,44
N ₁₂ P ₅₂	50	7,65	7,96	7,79	7,80
	100	7,96	6,29	6,70	6,98
	200	7,79	5,57	5,99	6,45
	среднее	7,80	6,61	6,83	7,08

При рассмотрении результатов урожайности семян льна масличного следует отметить, что при уменьшении расхода рабочей жидкости с 200 до 50 л/га ежегодно существенно снижались показатели (приложения Г₁, Г₂, Г₃). Даже норма 100 л/га приводила в большинстве лет к снижению урожайности семян (таблица 20).

Существенный рост урожайности при применении аммофоса отмечен только в 2020 г.

Таблица 20 – Урожайность семян льна масличного при разном расходе рабочей жидкости, т/га

Фон удобрений	Расход рабочей жидкости, л/га	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Без удобрений	50	0,742	0,926	1,012	0,893
	100	0,766	1,005	1,047	0,939
	200	0,812	1,097	1,132	1,014
	среднее	0,773	1,009	1,064	0,949
N12P52	50	0,864	1,016	1,028	0,969
	100	0,958	1,106	1,068	1,044
	200	1,008	1,148	1,173	1,110
	среднее	0,943	1,090	1,090	1,041
HCP05		0,027	0,072	0,067	

Следует отметить, что в острозасушливых условиях степной зоны расход воды на формирование 1 т семян льна снижался как от увеличения расхода рабочей жидкости, так и от применения аммофоса (таблица 21).

Таблица 21 – Расчет коэффициента водопотребления льна масличного (среднее за 2020 – 2022 гг.)

Фон удобрений	Расход рабочей жидкости, л/га	Продуктивная влага, т/га		Урожайность семян, т/га	Коэффициент водопотребления
		посев	уборка		
Без удобрений	50	1063	486	0,893	1829
	100	1066	485	0,939	1743
	200	1074	485	1,014	1622
	Среднее	1068	485	0,949	1731
N12P52	50	1112	524	0,969	1697
	100	1112	547	1,044	1568
	200	1111	530	1,110	1474
	Среднее	1117	534	1,041	1579

Примечание — Сумма осадков за вегетационные периоды в среднем за 2020–2022 гг. – 1056 т/га

Так, на неудобренном фоне коэффициент водопотребления по мере увеличения расхода рабочей жидкости от 50 до 200 л/га снижался от 1829 до 1622. При использовании аммофоса расход воды на 1 т семян льна снижался с 1697 до 1474 т. Также характерно более экономное расходование воды по мере увеличения расхода рабочей жидкости на 129 и 223 т.

В конечном счете оптимальная норма расхода рабочей жидкости при опрыскивании гербицидами посевов льна масличного должна быть и экономически выгодной. Увеличение использования объема воды с 50 до 200 л/га приводило к росту прямых затрат всего на 90 руб. (таблица 22). При увеличении урожайности семян на неудобренном фоне от дополнительного расхода воды на 0,121 т/га себестоимость 1 т семян снижалась на 1463 руб., а стоимость продукции с 1 га возрастала на 4154 руб. Соответственно чистый доход с 1 га увеличивался на 4064 руб. В итоге уровень рентабельности возрастал на 33,4 %.

Таблица 22 – Экономическая эффективность возделывания льна при разном расходе рабочей жидкости (среднее за 2020 – 2022 гг.)

Расход рабочей жидкости, л/га	Урожайность, т/га	Прямые затраты, руб.	Себестоимость 1 т семян, руб.	Стоимость продукции, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %
Без удобрений						
50 л/га	0,893	11614	13006	30656	19042	164,0
100 л/га	0,939	11644	12401	32236	20951	176,8
200 л/га	1,014	11704	11543	34810	23106	197,4
N ₁₂ P ₅₂						
50 л/га	0,969	16302	16824	33265	16963	104,1
100 л/га	1,044	16332	15644	35840	19508	119,5
200 л/га	1,112	16392	14741	38175	21782	132,9

Внесение 1 ц аммофоса хотя и приводило к увеличению урожайности семян, но и к росту прямых затрат на 4688 руб./га. В итоге на удобренном фоне возрастала

себестоимость 1 т семян от 3198 руб./т при расходе 200 л/га до 3818 руб./т при 50 л/га. Чистый же доход с 1 га уменьшился на 1083–2089 руб. Отсюда снижение уровня рентабельности на 57,3–64,5 %.

Рассматривая влияние расхода рабочей жидкости на уровень рентабельности, следует отметить его рост на неудобренном фоне по мере увеличения расхода рабочей жидкости со 164,0 до 197,4 %, а при использовании аммофоса со 104,1 до 132,9 %. Даже в острозасушливых условиях применение аммофоса было оправданным. Оптимальным же расходом рабочей жидкости зафиксировано применение 200 л/га.

Анализируя структуру затрат возделывания льна масличного при разном расходе рабочей жидкости, отметим тот факт, что на неудобренном фоне основную долю занимали расходы на семена, а также расходы, связанные с технологическими операциями, доля затрат на семена составляла от 32,47 до 32,72 %, доля технологических затрат – от 35,05–35,32 (таблица 23).

Таблица 23 – Структура затрат при определении оптимального расхода рабочей жидкости льна масличного

Фон удобрений	Расход рабочей жидкости, л/га	Всего затрат, руб./га	Доля затрат на 1 га, %			
			семена	гербициды	удобрения	технологические
Без удобрений	50	11614	32,72	31,96	0,00	35,32
	100	11644	32,63	32,14	0,00	35,23
	200	11704	32,47	32,49	0,00	35,05
N ₁₂ P ₅₂	50	16302	23,31	22,77	28,76	25,16
	100	16332	23,27	22,91	28,71	25,11
	200	16392	23,18	23,20	28,60	25,02

При использовании аммофоса произошло перераспределение удельного веса затрат, его доля в структуре общих затрат на производство составила 28,60–28,76 %; технологические – 25,02–25,16 %, гербициды – 22,77–23,20 %, семена – 23,18–23,31 %.

ГЛАВА 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ НОРМЫ ВЫСЕВА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Для засушливых условий степной зоны Западной Сибири на изучение поставлены четыре нормы высева: 3, 4, 5 и 6 млн всхожих семян на 1 га по двум фонам удобренности – без удобрений и с аммофосом ($N_{12}P_{52}$) при посеве. В условиях Северного Кавказа одновременно с посевом эффективным признано внесение аммофоса (Тишков Н.М., 2005).

В фазу «ёлочки» льна посевы опрыскивали смесью гербицидов (Агритокс, ВК – 1,0 л/га и Легион, КЭ – 0,4 л/га) с расходом рабочей жидкости – 200 л/га опрыскивателем Summers.

При появлении полных всходов льна проведен их учет и рассчитана полнота всходов как отношение числа всходов к высеянными всхожим семенам (Майсурян Н.А., 1971).

На неудобренном фоне полнота всходов колебалась в среднем по всем нормам высева от 77,2 в 2020 г. до 87,6 % в 2023 г. (таблица 24; приложения Д₁, Д₂, Д₃, Д₄).

Таблица 24 – Полнота всходов льна масличного, %

Норма высева, млн/га	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Без удобрений					
3	82,0	81,6	93,3	95,0	88,0
4	77,0	78,2	93,7	94,5	85,8
5	74,8	76,8	83,2	83,6	79,6
6	75,0	76,6	76,8	77,2	76,4
Среднее	77,2	78,3	86,8	87,6	82,5
$N_{12}P_{52}$					
3	81,3	83,0	93,3	94,7	
4	77,2	79,2	93,7	94,2	86,0
5	74,4	77,2	83,2	83,4	79,5
6	74,3	76,5	76,8	77,3	76,2
Среднее	76,8	79,0	86,7	87,4	82,5

В большинстве случаев наблюдалось снижение полноты всходов по мере увеличения нормы высева. В среднем за 4 года при высева 3 млн всхожих семян на

1 га она составила 88,0 % и по мере увеличения числа высеянных семян снижалась до 76,4 %.

Ранее уже отмечена более высокая полнота всходов в вариантах с разреженными посевами 3 и 5 млн/га (Авдеенко А.П., 2015). Чем меньше высевается семян льна на единицу площади, тем выше их полевая всхожесть (Лён ..., 2013).

Внесение аммофоса при посеве не приводило к снижению полноты всходов льна.

Перед уборкой урожая учтено число растений льна и рассчитаны их сохраняемость и выживаемость.

Показатели сохраняемости также слабо реагировали на фон удобренности. В среднем по всем нормам высева она составила 68,9–68,2 % (таблица 25). Вновь отмечено снижение сохраняемости по мере увеличения нормы высева. На удобренном фоне с 72,7 до 65,8 % и на удобренном с 71,2 до 65,4 %. В Волгоградской области увеличение высева с 5 до 6 млн/га снижало сохраняемость растений льна с 79,2 до 75,3 % (Медведев Г.А., 2015).

Таблица 25 – Сохраняемость растений льна масличного, %

Норма высева, млн/га	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Без удобрений					
3	76,8	85,3	76,4	54,7	72,7
4	67,9	77,6	75,2	54,5	68,8
5	63,9	75,3	74,5	59,6	68,3
6	63,3	75,0	70,5	54,4	65,8
Среднее	67,4	78,3	74,2	55,8	68,9
N ₁₂ P ₅₂					
3	73,8	82,3	75,4	53,5	71,2
4	68,6	77,3	75,1	52,5	68,4
5	64,0	74,1	74,2	59,2	67,9
6	63,7	73,6	71,0	53,4	65,4
Среднее	67,5	76,8	73,9	54,6	68,2

Подобная закономерность выявлена и в показателях выживаемости растений льна (таблица 26). Если влияния внесенного аммофоса практически не отмечено,

то по мере увеличения нормы высева выживаемость снижалась с 63,5 до 50,3 % на неудобренном фоне и с 62,4 до 49,8 % на фоне применения аммофоса.

Таблица 26 – Выживаемость растений льна масличного, %

Норма высева, млн/га	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Без удобрений					
3	61,0	69,7	71,3	52,0	63,5
4	52,2	60,8	70,5	51,5	58,7
5	47,8	57,8	62,0	49,8	54,4
6	47,5	57,5	54,2	42,0	50,3
Среднее	52,1	61,5	64,5	48,8	56,7
N ₁₂ P ₅₂					
3	60,0	68,3	70,7	50,7	62,4
4	52,5	61,2	70,2	49,5	58,3
5	47,6	57,2	61,6	49,4	54,0
6	47,3	56,3	54,3	41,3	49,8
Среднее	51,8	60,8	64,2	47,7	56,1

Применение гербицидов позволило удерживать в пределах слабой степень засорения (Милащенко Н.З., 1981). Доля сорняков в агрофитоценозе была менее 10 % (таблица 27; приложения Е₁, Е₂, Е₃, Е₄). При этом отмечалось снижение этого показателя по мере увеличения нормы высева на неудобренном фоне с 8,58 до 5,20 % и с 9,08 до 5,78 % на удобренном. Следует отметить тенденцию усиления засорённости при использовании аммофоса.

Таблица 27 – Доля сорняков в агрофитоценозе льна масличного, %

Норма высева, млн/га	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Без удобрений					
3	8,2	7,6	10,0	8,5	8,58
4	6,3	6,7	7,3	7,7	7,00
5	6,1	6,0	5,6	7,0	6,18
6	5,8	5,5	2,9	6,6	5,20
Среднее	6,60	6,45	6,45	7,45	6,74

Норма высева, млн/га	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
N ₁₂ P ₅₂					
3	9,9	8,1	9,5	8,8	9,08
4	6,9	7,2	7,2	8,6	7,48
5	6,5	6,4	4,0	8,1	6,25
6	6,0	6,2	2,9	8,0	5,78
Среднее	7,32	6,98	5,90	8,38	7,15

Засушливые условия во все годы исследований не позволили получить высокие показатели урожайности семян льна масличного (приложения Ж₁, Ж₂, Ж₃, Ж₄). На неудобренном фоне, в среднем по всем нормам высева, минимальные показатели получены в 2020 г. – 0,777 т/га и максимальные в 2021 г. – 1,115 т/га (таблица 28). Отклонения от средних данных невелики, но за все годы урожайность семян была выше при высеве 4 млн всхожих семян на 1 га – от 0,813 т/га в 2020 г. до 1,229 т/га в 2023 г. Как уменьшение нормы высева, так и увеличение приводило к снижению урожайности семян льна.

Таблица 28 – Урожайность семян льна масличного, т/га

Норма высева, млн/га	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Без удобрений					
3	0,788	1,030	1,006	1,100	0,981
4	0,813	1,164	1,027	1,229	1,058
5	0,766	1,141	0,928	1,070	0,976
6	0,742	1,125	0,699	1,048	0,903
Среднее	0,777	1,115	0,915	1,112	0,980
N ₁₂ P ₅₂					
3	0,988	1,051	1,125	1,183	1,087
4	1,008	1,181	1,164	1,309	1,165
5	0,958	1,161	1,080	1,204	1,101
6	0,864	1,137	0,999	1,097	1,024
Среднее	0,955	1,133	1,092	1,198	1,094
НСР _{0,5}	0,048	0,029	0,051	0,139	

В результате оптимальной нормой высева по фактической урожайности признан высев 4 млн всхожих семян на 1 га как на неудобренном фоне, так и при

внесении аммофоса при посеве. Однако от удобрения прибавка составила только 0,107 т/га. Выше отмечено, что влияние удобрений на урожай льна проявляется лишь в благоприятные годы (Гудинова Е.Н., 1973).

В лесостепи Среднего Поволжья оправданным было увеличение высева до 6 млн (Гайнуллин Ф.М., 2008). На Среднем Урале – до 7 млн (Колотов А.П., 2020). Даже в Северном Казахстане посчитали возможным увеличить высев до 6 млн (Красноголовый М.Ю., 2023) и 7 млн (Жамалова Д.Б., 2017; Васин В.Г., 2019). Но в засушливые годы лучше снижать норму высева (Долгова Л.П., 1969).

В лесостепи Омской области рекомендуют увеличивать норму высева до 8 млн, но с продвижением на юг снижать до 6 млн (Лошкомойников И.А., 2019). В условиях хорошего увлажнения Рязанской области также рекомендуют высевать 8 млн (Виноградов Д.В., 2010, 2015). В северной лесостепи Тюменской области предлагают увеличить высев до 9 млн (Першаков А.Ю., 2020, 2022).

При анализе структуры урожая льна масличного установлено: в среднем за 4 года высота растений снижалась по мере увеличения нормы высева (таблица 29).

Таблица 29 – Высота растений льна в зависимости от нормы высева, см

Фон удобрения	Год	Норма высева, млн/га			
		3	4	5	6
Без удобрений	2020	40,30	40,30	38,20	38,00
	2021	40,70	40,40	40,00	39,50
	2022	40,30	40,20	38,80	38,30
	2023	41,20	41,00	39,80	39,00
	Среднее	40,62	40,48	39,20	38,70
N ₁₂ P ₅₂	2020	38,20	38,15	37,00	36,50
	2021	45,00	44,80	43,90	43,00
	2022	42,60	42,50	41,00	40,00
	2023	44,80	44,60	43,20	42,80
	Среднее	42,65	42,51	41,28	40,58

На неудобренном фоне с 40,62 до 38,70 см и на фоне аммофоса с 42,65 до 40,58 см. Менее заметно уменьшение при норме 4 млн/га, всего 0,14 см.

Несмотря на острозасушливые условия всех лет исследований, применение удобрения приводило к увеличению высоты растений на 1,68–1,95 см. Такая тенденция прослеживалась ежегодно.

При учете стеблей на каждом растении льна ежегодно отмечалось снижение их числа по мере увеличения нормы высева (таблица 30). На неудобренном фоне это составило 0,02; 0,19 и 0,46 шт. Подобная тенденция и на фоне аммофоса. Только при увеличении нормы высева с 3 до 4 млн/га снижение числа стеблей было минимальным.

Таблица 30 – Число стеблей на растении льна, шт.

Фон удобрения	Год	Норма высева, млн/га			
		3	4	5	6
Без удобрений	2020	2,43	2,40	2,40	2,17
	2021	2,60	2,60	2,53	2,30
	2022	3,00	2,97	2,51	2,20
	2023	2,72	2,72	2,56	2,25
	Среднее	2,69	2,67	2,50	2,23
N ₁₂ P ₅₂	2020	2,53	2,50	2,38	2,18
	2021	2,67	2,65	2,54	2,24
	2022	3,54	3,54	3,34	3,04
	2023	2,65	2,64	2,54	2,26
	Среднее	2,85	2,83	2,70	2,43

Вновь можно отметить, что удобрение приводило к увеличению числа стеблей на растении на 0,16–0,20 шт.

Число коробочек на одном растении льна также снижалось по мере увеличения нормы высева (таблица 31), на неудобренном фоне составив 0,07; 0,95 и 1,45 шт. и при использовании аммофоса – 0,13; 0,83 и 1,58 шт. Менее заметными были изменения числа коробочек между нормами 3 и 4 млн/га.

Таблица 31 – Число коробочек на растении льна, шт.

Фон удобрения	Год	Норма высева, млн/га			
		3	4	5	6
Без удобрений	2020	19,0	19,0	18,9	18,4
	2021	20,0	20,6	19,1	19,0
	2022	20,0	19,9	19,0	18,5
	2023	20,9	20,8	19,8	18,9
	Среднее	20,15	20,08	19,20	18,70
N ₁₂ P ₅₂	2020	20,3	20,1	19,5	18,8
	2021	21,0	20,9	20,0	19,2
	2022	21,8	21,7	21,0	20,0
	2023	22,0	21,9	21,3	20,8
	Среднее	21,28	21,15	20,45	19,70

По числу семян на растении льна выявлено превосходство нормы высева 3 млн/га (таблица 32). Повышение нормы высева приводило к снижению числа семян. Если при 4 млн/га. это всего 0,1 шт, то далее уже на 14,82 и 23,45 шт.

Таблица 32 – Число семян на растении льна, шт.

Фон удобрения	Год	Норма высева, млн/га			
		3	4	5	6
Без удобрений	2020	125,1	125,0	116,6	110,3
	2021	130,1	130,0	108,7	92,7
	2022	128,8	128,8	111,2	108,3
	2023	131,7	131,5	119,9	110,6
	Среднее	128,92	128,82	114,10	105,47
N ₁₂ P ₅₂	2020	126,8	126,4	125,2	116,4
	2021	130,7	130,7	126,2	117,4
	2022	132,9	133,0	128,2	119,4
	2023	139,2	138,9	121,2	120,4
	Среднее	132,40	131,00	127,20	118,40

Масса семян льна на одном растении при высева 3 и 4 млн/га была близка как на неудобренном фоне – 0,879 и 0,888 г, так и на удобренном – 0,925 и 0,928 г (таблица 33).

Таблица 33 – Масса семян на растении льна, г

Фон удобрения	Год	Норма высева, млн/га			
		3	4	5	6
Без удобрений	2020	0,800	0,810	0,602	0,553
	2021	0,907	0,910	0,750	0,634
	2022	0,909	0,910	0,716	0,608
	2023	0,901	0,922	0,808	0,720
	Среднее	0,879	0,889	0,695	0,629
N ₁₂ P ₅₂	2020	0,850	0,853	0,850	0,752
	2021	0,942	0,944	0,860	0,754
	2022	0,938	0,944	0,880	0,720
	2023	0,970	0,972	0,850	0,790
	Среднее	0,925	0,928	0,880	0,754

Дальнейшее увеличение нормы высева уже приводило к резкому снижению массы семян в зависимости от фона удобрений до 0,695–0,629 г и 0,880–0,754 г.

По массе 1000 семян льна близкие результаты между нормами высева 3 и 4 млн/га – 6,84 и 7,01 г на безудобренном фоне и 6,98 и 7,02 г – на фоне аммофоса (таблица 34). Дальнейшее увеличение нормы уже приводило к резкому снижению уровня показателей – 6,30 и 5,99 г и 6,76–6,37 г по фонам удобрений.

Таблица 34 – Масса 1000 семян льна, г

Фон удобрения	Год	Норма высева, млн/га			
		3	4	5	6
Без удобрений	2020	6,36	6,48	5,16	5,01
	2021	6,97	7,00	6,90	6,84
	2022	7,06	7,07	6,39	5,61
	2023	6,84	7,01	6,74	6,51
	Среднее	6,81	6,89	6,30	5,99
N ₁₂ P ₅₂	2020	6,70	6,75	6,79	6,46
	2021	7,21	7,22	6,81	6,42
	2022	7,06	7,10	6,86	6,03
	2023	6,97	7,00	6,58	6,56
	Среднее	6,98	7,02	6,76	6,37

Определение оптимальной нормы посева будет зависеть не только от уровня урожайности, но и от экономической целесообразности. В наших опытах прямые затраты при возделывании льна соответственно возрастали по мере увеличения прежде всего расходов на семена. На фоне применения аммофоса соответственно увеличивались расходы на удобрение (таблица 35).

В среднем за 2020–2023 гг. цена семян льна масличного составила 33900 руб. за 1 т. Отсюда высокий уровень чистого дохода с 1 га. На неудобренном фоне максимальные значения достигли при посеве 4 млн всхожих семян на 1 га – 24544 руб. При использовании аммофоса чистый доход снизился до 22477 руб.

В начале двухтысячных годов цена реализации семян льна масличного составляла 10000 руб. за 1 тонну (Черенков О.А., 2009).

Таблица 35 – Экономическая эффективность норм посева льна масличного (среднее за 2020 – 2023 гг.)

Норма посева, млн/га	Урожайность семян, т/га	Прямые затраты, руб./га	Себестоимость 1 т семян, руб.	Стоимость продукции, с 1 га, руб.	Условно чистый доход с 1 га, руб.	Уровень рентабельности, %
Без удобрений						
3	0,981	10 715	10 923	33 256	22 541	210,4
4	1,058	11 323	10 702	35 866	24 544	216,8
5	0,976	11 843	12 135	33 086	21 243	179,4
6	0,903	12 412	13 745	30 612	18 200	146,6
N ₁₂ P ₅₂						
3	1,087	16 378	15 794	35 154	20 471	125,0
4	1,165	17 016	14 606	39 493	22 477	132,1
5	1,101	17 495	15 890	37 324	19 829	113,3
6	1,024	18 096	17 672	34 714	16 167	91,8

Ключевой причиной возрождения интереса ко льну масличному и послужила высокая рентабельность его возделывания (Зеленцов С.В., 2017). В наших опытах уровень рентабельности максимальной величины достиг при посеве 4 млн всхожих

семян на неудобренном фоне – 216,8 %. Применение аммофоса снизило этот показатель, но он превышал 130 %.

Для Волгоградской области считается, что при получении 5 – 6 ц семян с 1 га лён масличный будет рентабельным (Медведев Г.А., 2016). В Омской области уровень рентабельности льна за 2016–2020 гг. достигал 120,4–210,8 % (Кузнецова Г.Н., 2021). Для Среднего Урала порог минимальной урожайности, при которой выручка от реализации семян льна покрывает сумму затрат на производство, составляет 5,4 ц/га (Колотов А.П., 2015).

При благоприятных погодных условиях мы вправе ожидать более высокий уровень урожайности и экономических показателей. По мнению же зарубежных авторов, наилучшая окупаемость вносимого азота достигается при его дозе не более 30 кг/га (Sheppard S.C., 1988). В южной лесостепи Западной Сибири улучшение условий минерального питания за счет применения удобрений обеспечивало увеличение чистого дохода от 1186 до 1551 руб./га и рентабельности производства до 98,8–101,1 % (Кузнецова Г.Н., 2004).

При анализе структуры затрат на возделывания льна масличного следует отметить: на неудобренном фоне основную долю занимали расходы на применение гербицидов – от 47,88 до 52,58 %, затем технологические (36,48–32,57 %) и лишь 10,94–19,55 % – расходы на семена (таблица 36).

Таблица 36 – Структура затрат при определении оптимальной нормы высева льна масличного (2020 – 2023 гг.)

Фон удобрений	Норма высева, млн/га	Всего затрат, руб./га	Доля затрат на 1 га, %			
			семена	гербициды	удобрения	технологические
Без удобрений	3	10715	10,94	52,28	0,00	36,48
	4	11323	13,92	50,51	0,00	35,57
	5	11843	16,81	49,10	0,00	34,09
	6	12412	19,55	47,88	0,00	32,57

Фон удобрений	Норма высева, млн/га	Всего затрат, руб./га	Доля затрат на 1 га, %			
			семена	гербициды	удобрения	технологические
N ₁₂ P ₅₂	3	16378	6,26	30,09	41,35	22,30
	4	17016	8,11	29,41	40,17	22,31
	5	17495	9,96	29,09	39,48	21,47
	6	18096	11,70	28,66	38,66	20,97

При использовании аммофоса его доля в общих затратах составила 41,35–38,66 %. Соответственно уменьшился удельный вес затрат на гербициды – 30,09–28,66 %, технологические мероприятия – 22,30–20,97 % и на семена 6,26–11,70 %.

ГЛАВА 6. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ НА ПОСЕВАХ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

6.1. Водный режим почвы и водопотребление льна масличного

За 3 года опытов по изучению эффективности применения средств химизации на посевах льна масличного отмечен ежегодный дефицит осадков в вегетационный период. При норме 175 мм выпадало от 80,8 до 113,2 мм. Сумма же температур превышала норму на 83–148 °С. В итоге гидротермический коэффициент за 2021–2023 гг. составлял 0,38–0,53 при норме 0,85.

Опыты закладывались в севообороте по схеме: горох – пшеница – пшеница – лён – пшеница – ячмень.

Наблюдения за водным режимом почвы проводились на двух вариантах: гербициды (Г) и комплексная химизация (КХ₂) по двум фонам удобрённости – без удобрений и с внесением 1 ц аммофоса (N₁₂P₅₂) при посеве.

Для определения запасов влаги в почве необходимо иметь данные её плотности, которую определяли в 2021–2023 гг. (таблица 37).

Таблица 37 – Плотность почвы, г/см² (среднее за 2021–2023 гг.)

Слой почвы, см	Плотность, г/см ²	Слой почвы, см	Плотность, г/см ²
0–10	1,12	50–60	1,26
10–20	1,18	60–70	1,28
20–30	1,19	70–80	1,38
30–40	1,19	80–90	1,41
40–50	1,25	90–100	1,42

Кроме того, необходимо иметь данные по влажности устойчивого завядания (ВЗ). Для этого мы воспользовались данными Б.С. Соколова (Соколов Б.С., 1968) по степной зоне Омской области (таблица 38).

Таблица 38 – Влажность устойчивого завядания, %

Слой почвы, см	ВЗ	Слой почвы, см	ВЗ
0–10	11,3	50–60	10,4
10–20	11,3	60–70	9,8
20–30	11,3	70–80	9,5
30–40	11,0	80–90	9,1
40–50	10,6	90–100	9,0

Во время посева запасы продуктивной влаги по годам существенно различались. В верхнем десятисантиметровом слое почвы – минимальные в 2021 г. – 5,9–8,2 мм и максимальные в 2023 г. – 11,4–12,9 мм (таблица 39). Столь же контрастными были и результаты в метровом слое почвы, соответственно 72,7–75,6 мм и 166,7–178,5 мм.

В среднем за 3 года не наблюдалось различий между вариантами по средствам химизации как для верхнего десятисантиметрового слоя (11,4–12,9 мм), так и для метрового (114,0–115,3 мм).

Таблица 39 – Запасы продуктивной влаги в почве, мм

Средства химизации	Фон удобрения	Слой почвы, см	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
При посеве						
Г	0	0–10	5,9	12,7	16,8	11,8
		0–100	75,6	99,6	166,7	114,0
	N ₁₂ P ₅₂	0–10	8,2	12,4	18,1	12,9
		0–100	74,7	94,8	173,1	114,2
КX ₂	0	0–10	6,7	12,2	18,7	12,5
		0–100	72,7	94,8	178,5	115,3
	N ₁₂ P ₅₂	0–10	7,1	8,8	18,3	11,4
		0–100	72,7	95,4	177,7	115,3
При уборке						
Г	0	0–10	5,4	4,9	9,5	6,6
		0–100	61,7	38,3	93,7	64,6
	N ₁₂ P ₅₂	0–10	4,4	7,8	7,7	6,6
		0–100	60,2	30,6	95,7	62,2

Средства химизации	Фон удобрения	Слой почвы, см	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
<i>При уборке</i>						
КХ ₂	0	0–10	4,4	4,8	7,0	5,4
		0–100	63,4	32,9	97,3	64,5
	N ₁₂ P ₅₂	0–10	4,6	6,6	6,0	5,7
		0–100	59,8	32,1	93,1	61,7

При уборке урожая наибольшее иссушение почвы отмечено в 2022 г. В метровом слое почвы оставалось 30,6–38,3 мм продуктивной влаги, тогда как в 2023 г. – 93,1–97,3 мм. В среднем за 3 года различия в вариантах применения средств химизации не наблюдались. Для метрового слоя почвы результаты от 61,7 до 64,6 мм.

При сумме осадков в среднем за 3 года в 103,1 мм и урожайности семян льна в варианте с применением только гербицидов 0,919 т/га коэффициент водопотребления составил 1659 т (таблица 40).

Таблица 40 – Расчет коэффициента водопотребления льна масличного (среднее за 2021–2023 гг.)

Средства химизации	Фон удобрений	Продуктивная влага, т/га		Урожайность семян, т/га	Коэффициент водопотребления
		при посеве	при уборке		
Гербициды (Г)	0	1140	646	0,919	1659
	N ₁₂ P ₅₂	1142	622	0,991	1565
Комплексная химизация (КХ ₂)	0	1153	645	1,104	1394
	N ₁₂ P ₅₂	1153	617	1,210	1295

Примечание – Осадки за вегетационный период в среднем за 3 года – 1031 т/га.

На фоне же комплексной химизации расход воды на производство 1 т семян уменьшился на 265 т. Применение аммофоса на фоне гербицидов снижало расход воды на 1 т семян на 94 т, а при комплексной химизации на 99 т.

6.2. Питательный режим почвы

Пробы почвы для определения содержания нитратного азота и подвижного фосфора отбирали в два срока: при посеве льна и перед уборкой урожая.

Внесение аммофоса при посеве слабо повлияло на содержание как нитратного азота, так и подвижного фосфора (таблица 41). Превышение показателей по сравнению с неудобренным фоном в слое почвы 0–20 см минимальное по нитратному азоту – 1,07–1,10 мг/кг и подвижному фосфору – 6,33–7,94 мг/кг. Еще слабее различия в слое почвы 20–40 см.

Таблица 41 – Содержание элементов питания в почве при посеве льна, мг/кг

Вариант	Год	N-NO ₃		P ₂ O ₅	
		0–20см	20–40 см	0–20см	20–40 см
Г	2021	10,80	5,00	120,00	75,90
	2022	4,40	3,40	93,00	74,00
	2023	5,90	4,60	203,00	132,10
	Среднее	7,03	4,33	138,67	94,00
ГУ	2021	11,60	6,80	125,00	77,00
	2022	5,50	4,10	107,00	78,00
	2023	6,30	5,30	203,10	133,80
	Среднее	7,80	5,40	145,00	96,27
КХ ₂	2021	9,90	4,60	122,00	76,00
	2022	4,40	3,40	95,00	75,00
	2023	6,90	4,70	208,20	143,00
	Среднее	7,07	4,23	141,73	98,00
КХ ₂ У	2021	12,60	6,90	130,00	81,00
	2022	5,40	4,20	109,00	97,00
	2023	7,00	4,90	210,00	132,40
	Среднее	8,33	5,33	149,67	103,47

Перед уборкой урожая различия по содержанию нитратного азота в слое почвы 0–20 см на фоне гербицидов составили 1,47 мг/кг и на фоне комплексной химизации – 1,26 мг/кг. Невелики различия и в слое почвы 20–40 см, соответственно 1,6 и 1,1 мг/кг (таблица 42).

Таблица 42 – Содержание элементов питания в почве перед уборкой урожая, мг/кг

Вариант	Год	N–NO ₃		P ₂ O ₅	
		0–20 см	20–40 см	0–20 см	20–40 см
Гербициды без удобрений (Г)	2021	3,40	2,00	35,00	23,00
	2022	3,30	2,80	96,00	82,00
	2023	9,60	4,30	103,10	40,40
	Среднее	5,43	3,03	67,50	48,50
Гербициды + N ₁₂ P ₅₂ (ГУ)	2021	5,00	4,00	55,00	30,00
	2022	4,20	3,20	92,00	87,00
	2023	11,50	6,70	113,50	50,50
	Среднее	6,90	4,63	86,80	55,80
Комплексная химизация без удобрений (КХ ₂)	2021	8,00	4,20	45,00	32,00
	2022	3,70	3,40	92,20	83,50
	2023	8,30	5,00	112,20	54,60
	Среднее	6,67	4,20	83,10	56,70
Комплексная химизация + N ₁₂ P ₅₂ (КХ ₂ У)	2021	8,20	4,90	68,00	35,00
	2022	3,90	3,60	94,50	83,00
	2023	11,70	7,40	115,60	85,70
	Среднее	7,93	5,30	92,70	67,90

По содержанию подвижного фосфора различия более заметны. На фоне гербицидов от весеннего внесения аммофоса разница по слоям почвы составила 19,3 и 7,3 мг/кг. На фоне комплексной химизации – 9,6 и 11,2 мг/кг.

6.3. Состав микрофлоры и биологическая активность почвы

Существенная роль в воспроизводстве плодородия почвы принадлежит биологическому фактору (Мишустин Я.Н., 1972). Результаты учета биологической активности почвы по степени разложения целлюлозы могут дать представление о суммарной деятельности микрофлоры почвы, а также корней растений. Ранее отмечалось, что для жизнедеятельности почвенной микрофлоры и формирования

урожаю культуры требуются идентичные условия (Тихомирова Л.Д., 1972). Хотя далее следовало: взаимосвязь урожая и биологической активности почвы обычно прослеживается в благоприятные по увлажнению годы (Тихомирова Л.Д., 1973).

Активные процессы нитрификации и аммонификации обычно происходят в двадцатисантиметровом слое почвы (Клевенская И.Л., 1970). Поэтому при посеве льняные полотна закладывали для слоя 0–20 см.

В качестве контрольного варианта использовали обработку посевов смесью гербицидов Агритокс, ВК (1,0 л/га) + Легион, КЭ (0,4 л/га) в фазу «ёлочки». Комплексная химизация включала дополнительно к гербицидам Альбит, ТПС (30 мл/га) и Изагри Азот (2 л/га), а в фазу бутонизации – Изагри Фосфор (2 л/га). Оба варианта закладывали как на неудобренном фоне, так и при внесении аммофоса при посеве льна.

В засушливых условиях трех лет исследований степень разложения целлюлозы колебалась на уровне 14,00–15,85 %. Это слабая степень разложения (Пряжникова О.Е., 2011). Сколько-нибудь видимых различий между вариантами не наблюдалось. В среднем за 3 года это 0,06–0,13 % (таблица 43).

Прежде отмечалось, что в засушливые годы урожай больше зависит не от плодородия почвы, а от внешних факторов (Тихомирова Л.Д., 1973).

Таблица 43 – Разложение льняной ткани в слое почвы 0–20 см за 90 сут., %

Средства химизации	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Гербициды	10,70	7,62	10,14	9,49
Гербициды + N ₁₂ P ₅₂	10,90	7,50	9,99	9,46
Комплексная химизация КХ ₂	10,88	7,24	10,08	9,40
Комплексная химизация КХ ₂ + N ₁₂ P ₅₂	10,88	7,52	9,87	9,42

В 2021 и 2022 гг. в двух вариантах – гербициды (Г) и комплексная химизация (КХ₂У) через 30 сут после их применения был определен численный состав микроорганизмов в двадцатисантиметровом слое почвы.

Доминирующее положение среди микроорганизмов в оба года занимали олигонитрофилы (таблица 44). Ранее подобное положение отмечено и на луговочерноземной почве в засушливые годы (Гладких А.В., 2020).

Таблица 44 – Численность микроорганизмов (КОЕ/г) в почве под посевом льна масличного через 30 сут после применения средств химизации

Микроорганизмы в 1 г почвы	Гербициды (Г)			КХ ₂ У		
	2021 г.	2022 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	среднее
Бактерии на МПА, млн	26,9	23,3	25,1	23,3	22,9	23,1
Микроорганизмы КАА, млн	15,1	13,5	14,3	20,6	19,0	19,8
Олигонитрофилы, млн	42,4	39,0	40,7	58,7	55,1	56,9
Фосфатмобилизующие, млн	23,3	22,1	22,7	38,0	35,0	36,5
Итого, млн	107,7	97,9	102,8	140,6	132,0	136,3
Целлюзоразрушающие, тыс	88,4	85,0	86,7	100,6	98,4	99,5
Нитрификаторы, тыс	0,6	0,4	0,5	1,5	1,3	1,4
Грибы, тыс	28,8	27,0	27,9	42,7	39,1	40,9
Итого, тыс	117,8	112,4	115,1	144,8	138,8	141,8

Как положительный факт следует отметить: при комплексной химизации наблюдалось даже увеличение целлюзоразрушающих микроорганизмов, нитрификаторов и грибов.

В целом применение средств комплексной химизации не оказывало негативного влияния на микрофлору почвы.

На второй позиции численность фосфатомобилизующих микроорганизмов как после применения только гербицидов, так и при комплексной химизации.

Увеличение применяемых средств химизации не снижало их величину.

При использовании пестицидов какое-то время может проявляться ингибирование численности микроорганизмов в почве, но биологическое равновесие обычно восстанавливается (Войнова-Райкова Ж., 1986).

Количество сапрофитных бактерий, утилизирующих органические соединения азота, достигало 25,1 млн КОЕ на фоне гербицидов и 23,1 млн при комплексной химизации. Коэффициент минерализации составил соответственно 0,57 и 0,86.

6.4. Засоренность посевов льна масличного

Учет засоренности посевов проводили перед уборкой урожая. При этом применение средств химизации способствовало усилению развития растений льна (таблица 45). Если в контрольном варианте с применением только гербицидов в среднем за 3 года сформировалась 706,3 г/м², то каждое увеличение набора средств химизации приводило к росту массы растений льна, соответственно на 34,0, 194,4 и 246,4 г/м². На фоне применения аммофоса такая тенденция сохранилась, соответственно на 13,0, 216,0 и 239,3 г/м².

Таблица 45 – Масса растений льна масличного перед уборкой урожая, г/м²

Средства химизации	Фон удобрений	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Г	0	676	678	765	706,3
	N12P52	744	740	778	754,0
ГА	0	689	752	780	740,3
	N12P52	740	758	803	767,0
КХ ₁	0	826	887	854	855,7
	N12P52	965	920	1025	970,0
КХ ₂	0	974	904	980	952,7
	N12P52	984	939	1057	993,7

Учет массы сорных растений показал, что при комплексной химизации на неудобренном фоне увеличение их массы было минимальным – 1,6–3,6 г/м² (таблица 46). Использование аммофоса приводило к увеличению массы сорняков всего на 6,4–10,5 г/м².

Таблица 46 – Масса сорных растений в агрофитоценозе льна масличного, г/м²

Средства химизации	Фон удобрений	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Г	0	52,5	70,0	80,0	67,5
	N ₁₂ P ₅₂	58,0	80,0	82,0	73,3
ГА	0	43,8	83,0	75,0	67,3
	N ₁₂ P ₅₂	55,0	85,0	78,2	72,7
КХ ₁	0	51,0	82,0	80,2	71,1
	N ₁₂ P ₅₂	66,2	88,0	97,2	83,8
КХ ₂	0	52,0	75,0	80,3	69,1
	N ₁₂ P ₅₂	55,2	85,0	98,8	79,7

В конечном счете изменения в развитии растений льна и сорняков нашли отражение в доле сорного компонента в агрофитоценозе (таблица 47). Обычно она была в пределах 10 %, свидетельствуя о слабой степени засоренности посевов (Милащенко Н.З., 1981).

Таблица 47 – Доля сорняков в агрофитоценозе льна масличного, %

Средства химизации	Фон удобрений	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Г	0	7,20	9,36	9,47	8,68
	N ₁₂ P ₅₂	7,23	9,76	9,53	8,84
ГА	0	5,98	9,94	8,77	8,23
	N ₁₂ P ₅₂	6,92	10,08	8,87	8,62
КХ ₁	0	5,82	8,46	8,58	7,62
	N ₁₂ P ₅₂	6,42	8,73	8,66	7,94
КХ ₂	0	5,07	7,66	7,57	6,77
	N ₁₂ P ₅₂	5,31	8,30	8,55	7,39

Отметим, что увеличение применяемых средств химизации способствовало снижению доли сорняков. Если при использовании только гербицидов она составляла 8,68 %, то при комплексной химизации – 6,77–7,62 %.

Применение при посеве аммофоса способствовало пусть и небольшому, но ежегодному увеличению доли сорняков в агрофитоценозе. В среднем за 3 года разница составляла от 0,16 до 0,62 %. Это еще раз говорит о более высокой конкурентной способности сорных растений за потребление дополнительного минерального питания.

Рассматривая влияние отдельных факторов на изменение доли сорных растений в агрофитоценозе льна масличного, следует выделить подавляющее влияние средств химизации – 91 %, при 8 % от удобрений (рисунок 6).

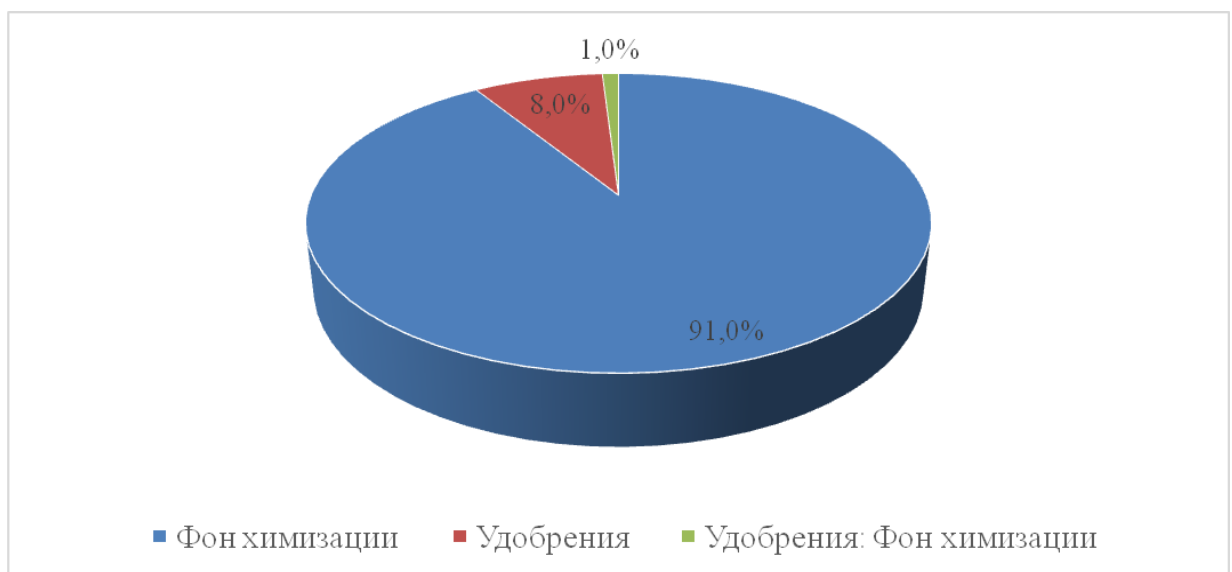


Рисунок 6 – Вклад факторов в изменение доли сорных растений льна масличного (2021–2023 гг.)

В итоге у фона химизации максимальный вклад в изменение доли сорных растений льна масличного, второстепенный вклад – у удобрений.

6.5. Урожайность семян льна масличного

Формирование урожая начинается с численности растений в фазу всходов и перед уборкой. В засушливых условиях за 3 года опытов на полноту всходов льна могло оказать влияние только внесение аммофоса при посеве. Однако различия в

пользу вариантов без применения удобрения были минимальными. В среднем за 3 года это составило 0,6 – 1,4 % (таблица 48; приложения И1, И2, И3).

Таблица 48 – Полнота всходов льна масличного в зависимости от уровня химизации, %

Средства химизации	Фон удобрений	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Гербициды (Г)	0	62,6	73,2	64,0	66,6
	N ₁₂ P ₅₂	62,2	72,8	61,2	65,4
Гербициды + Альбит (ГА)	0	62,4	73,0	64,0	66,5
	N ₁₂ P ₅₂	61,6	72,0	61,8	65,1
Комплексная химизация (КХ ₁)	0	63,0	73,0	67,2	67,7
	N ₁₂ P ₅₂	62,6	72,4	66,0	67,0
Комплексная химизация (КХ ₂)	0	62,6	73,0	66,6	67,4
	N ₁₂ P ₅₂	62,2	72,4	65,8	66,8
НСР _{0,5}		1,59	1,39	2,02	

По годам следует выделить результаты 2022 г., где полнота всходов превышала показатели 2023 и 2021 гг. в среднем на 8,1 и 10,3 %.

В течение вегетации на растения льна могли оказать влияние уже все средства химизации, это могло найти отражение в показателях выживаемости. Однако различия оказались минимальными (таблица 49; приложения К1, К2, К3). Если на фоне применения только гербицидов выживаемость составила 49,7 %, то при двух вариантах комплексной химизации 49,2 и 48,8 %. Использование аммофоса снижало показатели всего на 0,4–0,7 %.

Таблица 49 – Выживаемость растений льна масличного в зависимости от уровня химизации, %

Средства химизации	Фон удобрений	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Гербициды (Г)	0	48,8	55,8	44,4	49,7
	N ₁₂ P ₅₂	48,2	55,6	43,4	49,1
Гербициды + Альбит (ГА)	0	48,6	56,0	44,4	49,7
	N ₁₂ P ₅₂	47,8	55,4	44,0	49,1
Комплексная химизация (КХ ₁)	0	47,4	55,6	44,6	49,2
	N ₁₂ P ₅₂	46,6	54,6	44,2	48,5
Комплексная химизация (КХ ₂)	0	46,8	55,6	44,0	48,8
	N ₁₂ P ₅₂	46,0	55,0	44,2	48,4

Рассматривая влияние отдельных факторов на выживаемость растений льна масличного, следует выделить долю удобрений (42 %) при 56 % от средств химизации (рисунок 7).

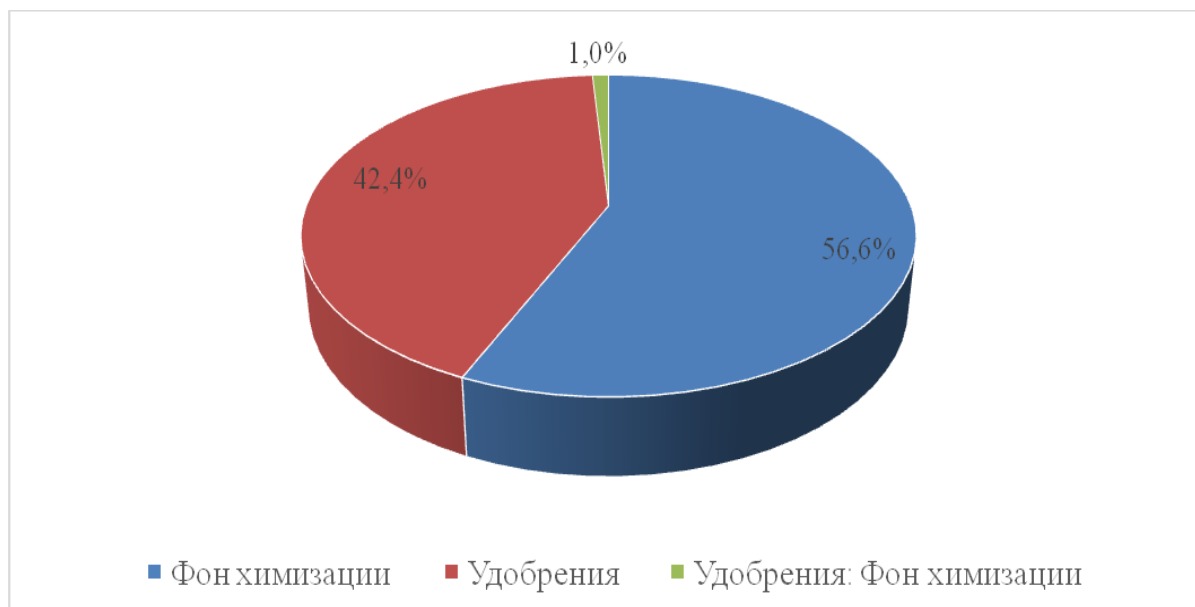


Рисунок 7 – Вклад факторов в изменение числа выживаемости льна масличного (2021–2023 гг.)

Анализ структуры урожая льна масличного проводился по десяти растениям. В среднем за 3 года их высота возрастала по мере усиления уровня химизации по неудобренному фону на 0,42–2,86 см (таблица 50). При внесении аммофоса при посеве увеличение достигало 2,14–2,87 см. Такая тенденция проявлялась ежегодно.

Таблица 50 – Высота растений льна масличного в зависимости от уровня химизации, см

Фон удобрения	Год	Уровень химизации			
		Г	ГА	КХ ₁	КХ ₂
Без удобрения	2021	39,20	39,60	45,50	44,50
	2022	41,32	42,20	42,50	42,40
	2023	33,60	33,60	33,60	35,80
	Среднее	38,04	38,46	40,53	40,90

Фон удобрения	Год	Уровень химизации			
		Г	ГА	КХ ₁	КХ ₂
N ₁₂ P ₅₂	2021	40,55	40,55	46,00	44,90
	2022	45,50	45,55	46,20	47,70
	2023	35,50	35,70	38,55	38,70
	Среднее	40,52	40,60	42,92	43,77

Число стеблей на одном растении в контрольном варианте с применением только гербицидов составило 2,67 шт. (таблица 51).

Таблица 51 – Число стеблей на растении льна в зависимости от уровня химизации, шт.

Фон удобрения	Год	Уровень химизации			
		Г	ГА	КХ ₁	КХ ₂
Без удобрения	2021	2,20	2,80	2,60	2,70
	2022	3,00	3,20	3,50	3,50
	2023	2,80	2,85	2,85	3,00
	Среднее	2,67	2,95	2,98	3,07
N ₁₂ P ₅₂	2021	2,30	2,90	3,10	3,20
	2022	3,60	3,90	3,90	4,00
	2023	2,80	2,90	3,10	2,90
	Среднее	2,90	3,23	3,37	3,37

Добавление к гербицидам альбита приводило к увеличению числа стеблей всего на 0,28 шт. При комплексной химизации разница достигала 0,31–0,40 шт.

Эта тенденция отмечалась ежегодно. На фоне аммофоса число стеблей на растении при использовании только гербицидов возрастало на 0,23 шт. При комплексных химизациях – на 0,30–0,39 шт.

По числу коробочек на одном растении льна выделены варианты с комплексными химизациями как на неудобренном фоне, так и при использовании аммофоса (таблица 52). Увеличение достигало 1,3–1,4 и 2,9–3,5 шт., более значимое на фоне удобрения.

Таблица 52 – Число коробочек на растении льна в зависимости от уровня химизации, шт.

Фон удобрения	Год	Уровень химизации			
		Г	ГА	КХ ₁	КХ ₂
Без удобрения	2021	18,8	19,9	22,3	24,3
	2022	21,6	20,2	21,3	21,5
	2023	22,8	23,2	23,9	23,8
	Среднее	21,1	21,1	22,5	23,2
N ₁₂ P ₅₂	2021	19,0	20,9	25,0	26,0
	2022	22,9	23,4	24,3	24,9
	2023	23,4	23,6	24,7	24,9
	Среднее	21,8	22,6	24,7	25,3

Доля комплексной химизации в увеличении числа коробочек на растении льна составляла 65 %, при 31 % – от удобрения (рисунок 8).

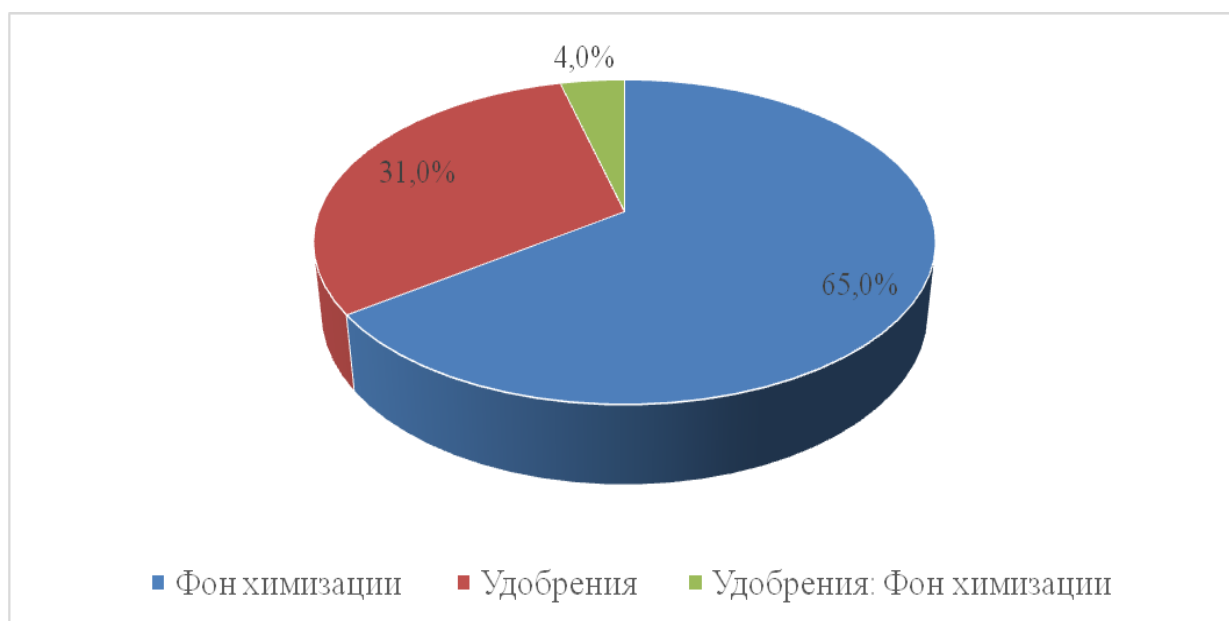


Рисунок 8 – Вклад факторов в изменение числа коробочек льна масличного (2021– 2023 гг.)

По числу семян на одном растении льна увеличение наиболее высокое при комплексных химизациях – 9,0–11,9 шт. на неудобренном фоне и 9,5–10,2 шт. – на удобренном (таблица 53).

Таблица 53 – Число семян на растении льна в зависимости от уровня химизации, шт.

Фон удобрения	Год	Уровень химизации			
		Г	ГА	КХ ₁	КХ ₂
Без удобрения	2021	118,8	119,5	127,6	129,9
	2022	117,0	119,0	125,8	128,8
	2023	118,9	120,7	128,3	131,5
	Среднее	118,2	119,7	127,2	130,1
N ₁₂ P ₅₂	2021	122,6	123,2	128,3	127,7
	2022	120,7	124,5	134,3	133,0
	2023	122,7	124,9	134,1	133,9
	Среднее	122,0	124,2	132,2	131,5

Вклад комплексной химизации в увеличение числа семян на растении льна составил 85 %, при 13 % – от удобрений (рисунок 9).

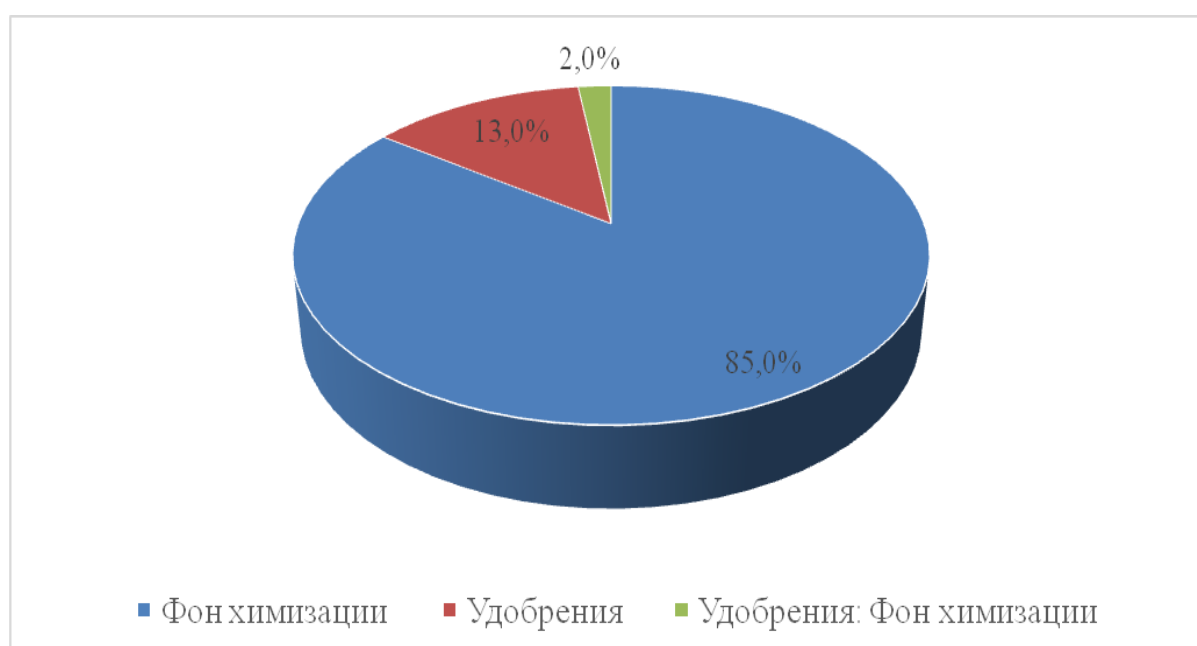


Рисунок 9 – Вклад факторов в изменение числа семян на растении льна масличного (2021–2023 гг.)

При формировании массы семян на одном растении увеличение наиболее заметно при комплексных химизациях (таблица 54). На неудобренном фоне это 0,105–0,151 г. и на удобренном – 0,167–0,189 г.

Таблица 54 – Масса семян на растении льна масличного, г

Фон удобрения	Год	Уровень химизации			
		Г	ГА	КХ ₁	КХ ₂
Без удобрения	2021	0,761	0,771	0,873	0,914
	2022	0,769	0,785	0,845	0,909
	2023	0,766	0,798	0,892	0,924
	Среднее	0,765	0,785	0,870	0,916
N ₁₂ P ₅₂	2021	0,791	0,820	0,960	0,960
	2022	0,823	0,852	1,023	1,010
	2023	0,826	0,854	1,024	0,971
	Среднее	0,813	0,842	1,002	0,980

Влияние комплексной химизации на массу семян на растении льна уменьшалось до 75 % (рисунок 10).

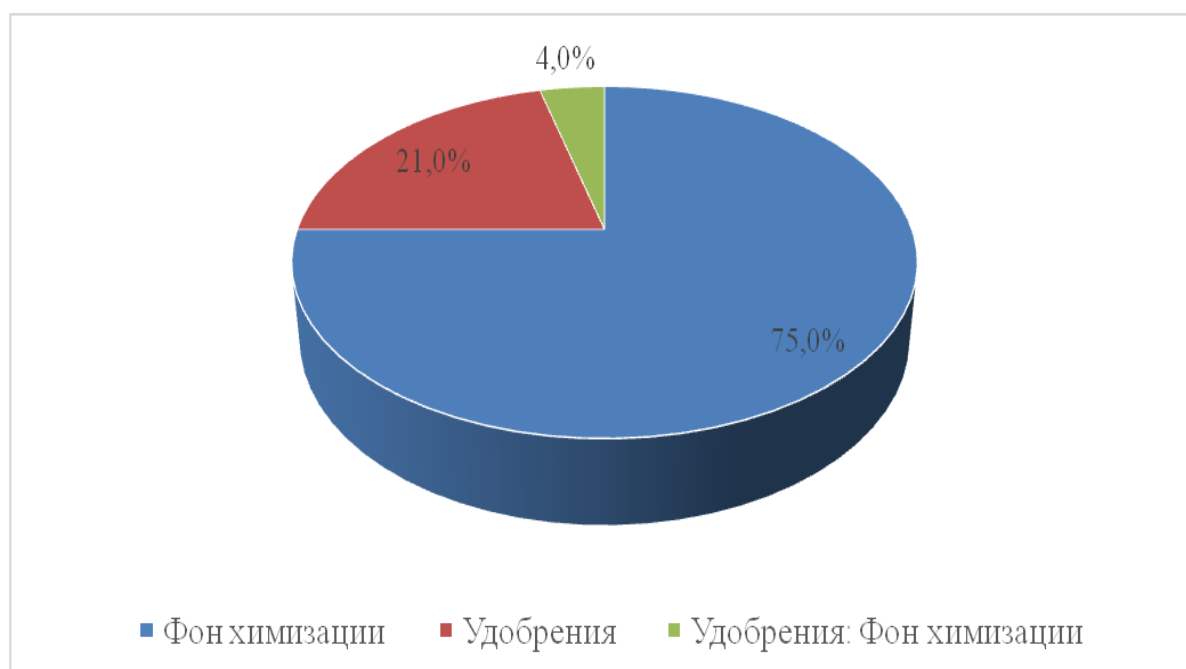


Рисунок 10 – Вклад факторов в изменение массы семян на растении льна масличного (2021–2023 гг.)

В конечном счете это отразилось и на массе 1000 семян (таблица 55). Увеличение достигало 0,37–0,57 г. на неудобренном фоне и 0,80 – 0,81 г. на удобренном.

Таблица 55 – Масса 1000 семян льна в зависимости от уровня химизации, г

Фон удобрения	Год	Уровень химизации			
		Г	ГА	КХ ₁	КХ ₂
Без удобрения	2021	6,41	6,45	6,84	7,94
	2022	6,57	6,50	6,72	7,06
	2023	6,44	6,61	6,95	7,03
	Среднее	6,47	6,56	6,84	7,04
N ₁₂ P ₅₂	2021	6,45	6,82	7,15	7,52
	2022	6,82	6,84	7,62	7,26
	2023	6,73	6,82	7,63	7,67
	Среднее	6,67	6,83	7,47	7,48

Доля комплексной химизации в увеличении массы 1000 семян составила 78 %, при 16 % – от удобрений (рисунок 11).

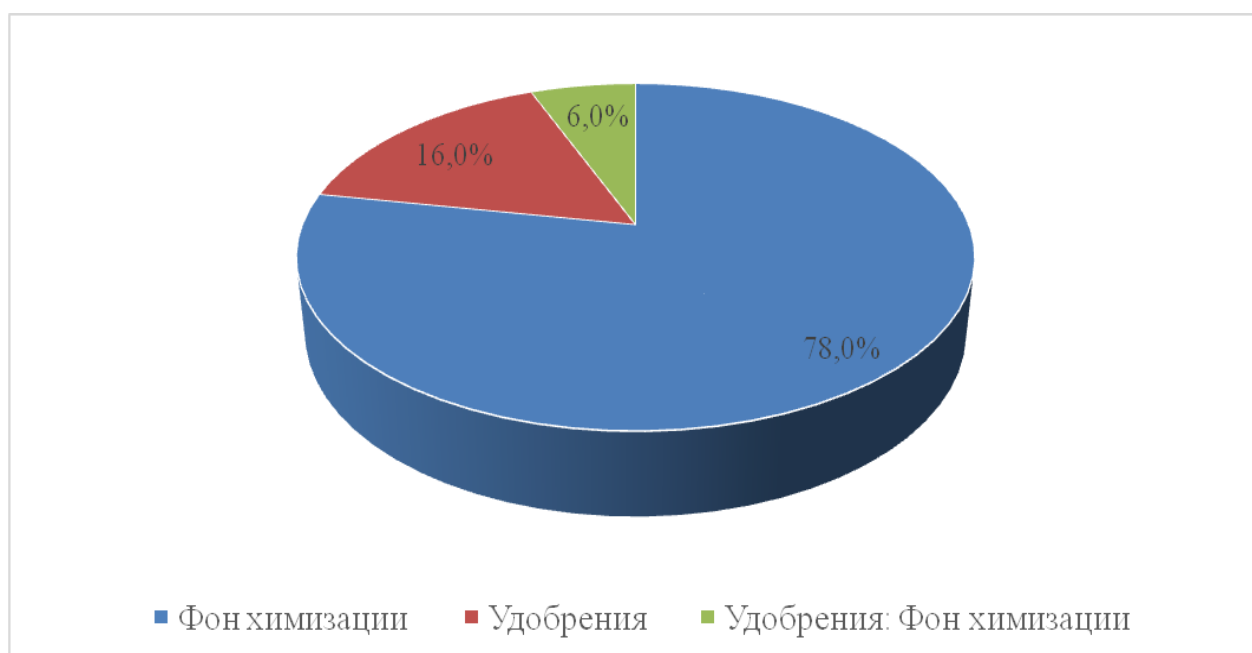


Рисунок 11 – Вклад факторов в изменение массы 1000 семян льна масличного (2021–2023 гг.)

Недостаточное увлажнение вегетационных периодов за годы опытов позволило получить урожайность семян льна масличного на фоне применения гербицидов менее 1 т/га (таблица 56; приложения Л1, Л2, Л3).

Таблица 56 – Урожайность семян льна масличного, т/га

Средства химизации (А)	Фон удобрений (В)	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Гербициды (Г)	0	0,930	0,911	0,915	0,919
	N ₁₂ P ₅₂	1,020	0,973	0,979	0,991
Гербициды + Альбит (ГА)	0	1,000	0,940	0,970	0,970
	N ₁₂ P ₅₂	1,090	1,004	1,043	1,046
Комплексная химизация (КХ ₁)	0	1,050	0,993	1,154	1,066
	N ₁₂ P ₅₂	1,140	1,039	1,225	1,135
Комплексная химизация (КХ ₂)	0	1,100	1,095	1,116	1,104
	N ₁₂ P ₅₂	1,290	1,152	1,187	1,210
НСР _{0,5} частные различия		0,074	0,050	0,071	
фактор А		0,037	0,025	0,035	
фактор В		0,053	0,036	0,050	

Колебания по годам были в пределах 0,911–0,930 т/га. Использование аммофоса при посеве позволило увеличить сборы семян, в среднем на 0,072 т/га, но в 2023 г. преимущества были несущественными.

При добавлении к гербицидам альбита рост урожайности семян был несущественным как на неудобренном, так и на удобренном фонах. Хотя тенденция увеличения просматривалась.

Использование комплексной химизации (КХ₂) с применением гербицидов Агритокс (1,0 л/га) и Легион (0,4 л/га) + Лигногумат (100 г/га) в фазу «ёлочки» и Изагри Бор (0,5 л/га) в фазу бутонизации позволило существенно увеличить урожайность семян льна по сравнению с применением только гербицидов на 0,147 т/га. Близкие результаты и на фоне аммофоса, плюс 0,144 т/га.

Во втором варианте комплексной химизации (КХ₂), когда к гербицидам в фазу «ёлочки» добавляли альбит (30 мл/га) и Изагри Азот (2 л/га), плюс Изагри Фосфор (2 л/га) в фазу бутонизации, увеличение урожайности семян льна по сравнению с применением только гербицидов составило 0,185 т/га. На фоне аммофоса это преимущество возросло до 0,219 т/га.

В целом отметим слабое влияние аммофоса на уровень урожайности – 21 % и существенное при применении комплекса средств химизации даже в острозасушливых условиях трех лет опытов – 79 % (рисунок 12).

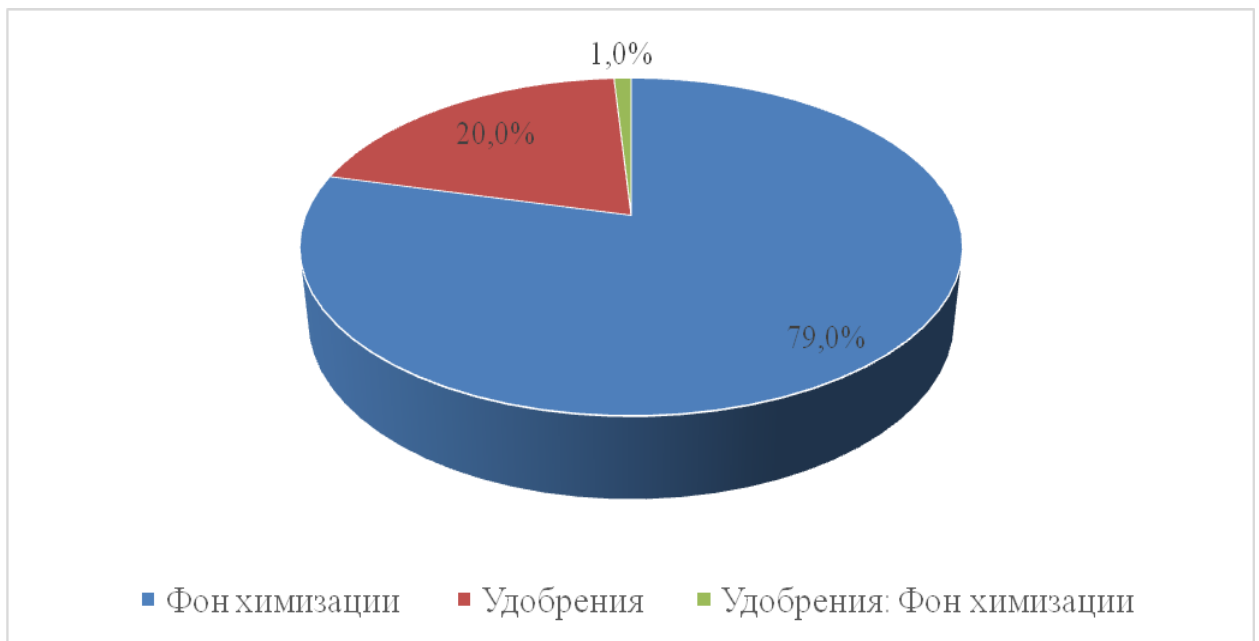


Рисунок 12 – Вклад факторов в изменение урожайности льна масличного (2021–2023 гг.)

В сельскохозяйственных исследованиях часто возникает необходимость выяснения взаимосвязи между изучаемыми признаками. Для измерения силы (тесноты) и формы связи используют статистические методы – корреляцию и регрессию.

В наших исследованиях для определения сопряженности признаков между засоренностью посевов и урожайностью льна масличного и количественной зависимостью одного показателя от другого на всех фонах химизации установлена средняя или тесная обратная связь с уровнем удобренности. Корреляция между урожайностью льна масличного и общей долей всех сорняков в агрофитоценозе находилась в пределах от $r = -0,25$ до $r = -0,64$. Это свидетельствует о среднем и сильном влиянии сорняков в посевах, снижая урожайность культуры. При этом, чем больше коэффициент корреляции (сильнее связь), тем меньше его ошибка. Так, при значении коэффициента $r = 0,64$ его ошибка составляет 0,024 (показатели зависимости урожайности от общей засоренности на удобренном фоне, при значении коэффициента $r = -0,25$ ошибка 0,32 (фон применения комплексной химизации в посевах льна масличного)).

Зависимость урожайности льна масличного от доли сорняков в посевах на разных фонах химизации имела среднюю и сильную степени связи (Таблица 57). Средние коэффициенты корреляции были в варианте с использованием гербицида ($r = -0,30$), самые сильные – на фоне применения гербицида и альбита ($r = -0,48$).

Коэффициент детерминации (dy/x) показывает процент зависимости урожайности от исследуемого фактора. Изучение зависимости урожайности культуры от доли сорных растений в агрофитоценозе по разным фонам химизации показало: с применением одного гербицида снижение урожайности культуры на 9 % зависит от засоренности посевов, а с применением гербицида и альбита на 23 % в посевах с применением комплексной химизации на 6 и 1 % соответственно.

Таблица 57 – Зависимость между засоренностью посевов и урожайностью льна масличного

Показатель	Фон химизации				Удобрения	
	Г	ГА	КХ ₁	КХ	0	N ₁₂ P ₅₂
r	-0,30	-0,48	0,12	-0,25	-0,47	-0,64
Sr	0,26	0,16	0,51	0,32	0,12	0,024
d y/x	0,09	0,23	0,01	0,06	0,22	0,41
b yx	-0,011	-0,016	0,008	-0,012	-0,026	-0,046

Коэффициент регрессии b_{xy} показывает количественное изменение урожайности от наличия сорной растительности. Увеличение доли сорняков в посевах на 1 % в зависимости от фона химизации приводит к снижению урожайности льна масличного на 0,011–0,016 т/га. Наибольшее снижение урожайности наблюдается на фоне с применением гербицида и альбита.

Определена средняя и сильная степени связи урожайности льна от засоренности по уровню удобренности. В варианте без применения удобрений – средняя связь ($r = -0,47$), снижение урожайности на 22 % зависело от доли всех сорняков в посевах. Самая сильная степень связи ($r = -0,64$) – при применении аммофоса, снижение урожайности на 41 % зависит от степени засорения посевов.

В зависимости от уровня удобренности увеличение доли сорняков на 1 % снижает урожайность льна масличного на 0,026–0,046 т/га.

Одними из основных, определяющих уровень урожайности культуры среди элементов структуры урожая льна масличного, являются число коробочек на растении льна, сохранившихся к моменту уборки, и масса семян одного растения.

На всех фонах химизации и уровнях удобренности льна масличного при определении степени связи: между числом коробочек в одном растении, урожайностью культуры и количественной зависимостью одного показателя от другого – установлена тесная прямая связь между двумя признаками. Показатель зависимости находился в пределах от 0,12 до 0,77 (значение ошибки коэффициента варьировало от 0,01 до 0,06), говоря о сильном влиянии числа коробочек на растении к моменту уборки на показатель урожайности льна масличного. Отмечена сильная сопряженность между числом коробочек на растении и урожайностью: от 0,12 (фон применения гербицида и альбита в посевах культуры) до 0,77 (комплексная химизация) (таблица 58). Коэффициент детерминации указывает, что урожайность льна масличного на 56–59 % зависит от применения в посевах комплексной химизации.

Таблица 58 – Зависимость между урожайностью и числом коробочек к моменту уборки льна масличного

Показатель	Фон химизации				Удобрения	
	Г	ГА	КХ ₁	КХ ₂	0	N ₁₂ P ₅₂
r	–0,18	0,12	0,75	0,77	0,60	0,59
Sr	0,13	0,33	0,06	0,01	0,09	0,06
d y/x	0,03	0,01	0,56	0,59	0,35	0,35
b yx	–0,004	0,004	0,045	0,037	0,029	0,031

Выявлена тесная связь между числом коробочек на растении и урожайностью льна в зависимости от уровня удобренности (коэффициент корреляции – в пределах от 0,59 до 0,60), уровень урожайности при этом на 35 % зависит от числа коробочек на растении.

Коэффициент регрессии (b_{yx}) указывает на изменение урожайности на всех фонах химизации и уровня удобренности по отношению к увеличению числа коробочек на 1 шт.: урожайность увеличится от 0,029 до 0,031 т/га.

Урожайность льна масличного имеет среднюю степень связи от массы семян льна с одного растения (таблица 59). Коэффициент корреляции находился в пределах от 0,50 до 0,93 (значение ошибки коэффициента варьировало от 0,02 до 0,07).

Таблица 59 – Зависимость между урожайностью и массой семян с одного растения льна масличного

Показатель	Фон химизации				Удобрения	
	Г	ГА	КХ ₁	КХ ₂	0	N ₁₂ P ₅₂
r	0,66	0,51	0,51	0,50	0,93	0,69
Sr	0,02	0,03	0,07	0,04	0,03	0,07
d y/x	0,43	0,26	0,26	0,25	0,86	0,47
b yx	0,97	0,77	0,57	0,94	1,22	0,79

В зависимости от фона химизации при коэффициенте корреляции 0,50...0,66 влияние массы семян с одного растения льна на урожайность культуры составляет от 25 % (на фоне применения комплексной химизации и применения гербицида с альбитом) до 86 % (без использования минеральных удобрений).

Увеличение массы семян с одного растения льна масличного на 1 г способствует росту урожайности на 0,57 т/га (на фоне применения комплексной химизации), 0,97 т/га (фон с применением гербицида) или 1,22 т/га (без применения минеральных удобрений).

На фоне с применением удобрений и без отмечена средняя связь между массой семян с одного растения и урожайностью льна (коэффициент корреляции – от 0,69 до 0,93). В зависимости от применения минеральных удобрений влияние массы семян с одного растения на урожайность составила от 47 % (применение аммофоса) до 86 % (без удобрений).

При увеличении показателя массы семян с одного растения на 1 грамм возможен рост урожайности культуры от 0,79 до 1,22 т/га.

6.6. Семенные и технологические свойства семян льна масличного

При анализе семенных свойств семян льна масличного отрицательное влияние средств химизации не обнаружено. Так, энергия прорастания семян, полученных с делянок, обработанных гербицидами, на удобренном фоне колебалась по годам: 95,0–97,0 % (таблица 60). Близкие показатели и на удобренном фоне – 95,0–96,9 %.

Таблица 60 – Энергия прорастания семян льна масличного, %

Фон удобрения	Год	Гербициды (Г)	Комплексная химизация (КХ ₁)	Комплексная химизация (КХ ₂)
Без удобрений	2021	97,0	96,5	96,8
	2022	95,0	95,0	95,5
	2023	96,3	95,9	96,0
	Среднее	96,1	95,8	96,1
N12P52	2021	96,5	96,6	96,5
	2022	95,0	95,0	95,5
	2023	95,9	95,8	95,7
	Среднее	95,8	95,8	95,9

Увеличение средств химизации не приводило к снижению энергии прорастания. Результаты идентичные – 95,8–95,9 %.

Всхожесть семян льна масличного при разных уровнях химизации оставалась на высоком уровне (таблица 61).

В среднем за 3 года минимальные различия в пределах 96,8–97,2 %. Это позволяет получать качественные семена для последующих посевов.

Таблица 61 – Всхожесть семян льна масличного, %

Фон удобрения	Год	Гербициды (Г)	Комплексная химизация (КХ ₁)	Комплексная химизация (КХ ₂)
Без удобрений	2021	98,0	98,0	97,5
	2022	96,0	95,5	96,5
	2023	97,0	97,0	97,5
	Среднее	97,0	96,8	97,2

Окончание таблицы 61

Фон удобрения	Год	Гербициды (Г)	Комплексная химизация (КХ ₁)	Комплексная химизация (КХ ₂)
N ₁₂ P ₅₂	2021	97,5	98,0	98,0
	2022	96,5	96,6	96,0
	2023	97,0	97,0	96,5
	Среднее	97,0	97,2	96,8

Анализируя данные по масличности семян льна сорта Северный, следует отметить ряд изменений этого показателя в зависимости от уровня химизации. В контрольном варианте, где применялись только гербициды, в среднем за 3 года масличность составила 45,64 % (таблица 62).

Таблица 62 – Масличность семян льна, %

Фон удобрения	Год	Гербициды (Г)	Комплексная химизация (КХ ₁)	Комплексная химизация (КХ ₂)
Без удобрений	2021	45,21	45,39	45,76
	2022	46,60	47,80	47,70
	2023	45,12	45,76	45,96
	Среднее	45,64	46,32	46,47
N ₁₂ P ₅₂	2021	45,32	45,49	46,10
	2022	47,50	47,90	47,80
	2023	45,32	45,85	46,10
	Среднее	46,05	46,41	46,67

Колебания по годам – от 45,12 до 46,60 %. На фоне аммофоса масличность семян увеличивалась на 0,41 %. Различия невелики, но отмечались ежегодно. Подобные изменения зафиксированы в Тверской области (Сорокина О.Ю., 2018), Алтайском крае (Антонова О.И., 2012; Латаринцев П.Ю., 2020), Ростовской области (Бушнев А.С., 2016).

Однако в ряде работ выделено (хотя и незначительное) снижение масличности семян от применения удобрений. Для Тюменской области – 0,19 % (Бражников В.Н., 2019). Увеличение норм внесения удобрений в расчете на

урожайность 2 т/га здесь приводило к более значимым снижениям масличности по разным сортам – 1,0–3,7 % (Хаустова С.А., 2020).

При использовании комплексных химизаций на неудобренном фоне нами отмечено ежегодное повышение масличности. В среднем за 3 года на 0,68–0,83 %. При внесении аммофоса подобная тенденция повышения сохранялась – плюс 0,36–0,62 %.

Рассмотреть вклад факторов в изменение масличности льна масличного можно на рисунке 13.

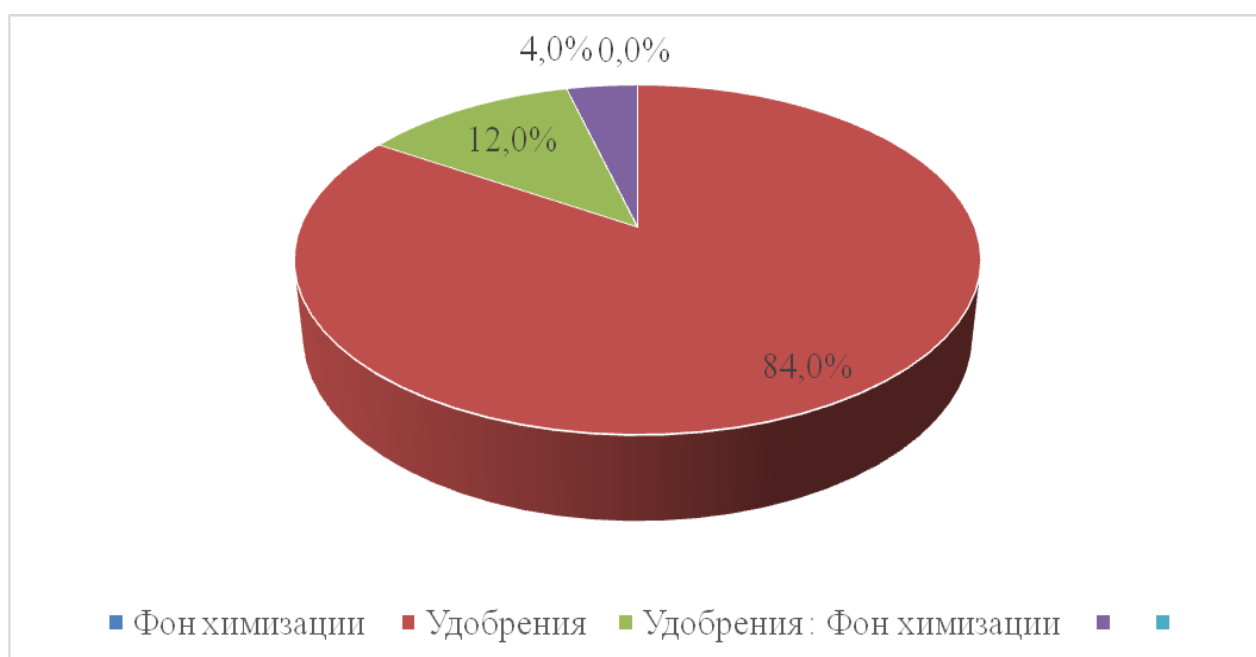


Рисунок 13 – Вклад факторов в изменение масличности льна масличного (2021–2023 гг.)

В итоге решающую роль в повышении масличности семян льна масличного сыграла комплексная химизация. Её доля составила 84 %.

6.7. Экономическая эффективность применения средств химизации на посевах льна масличного

Выбор оптимального варианта применения средств химизации в конечном счете зависит от их экономической эффективности. Естественно, увеличение

применения средств химизации приводило к росту прямых затрат на 1 га (таблица 63). На неудобренном фоне это составило 184–1598 руб. и на фоне аммофоса – 216–1624 руб. Само же применение аммофоса увеличивало затраты на 5658–5690 руб.

По мере же увеличения урожайности семян льна естественно возрастала стоимость продукции с 1 га. На неудобренном фоне это составило 1763–6271 руб. и на фоне аммофоса – 1865–7425 руб. Отсюда снижение себестоимости 1 т семян соответственно на 433–1255 и 672–1774 руб. Применение аммофоса увеличивало себестоимость 1 т семян в вариантах химизации на 3707–4849 руб.

Условно чистый доход с 1 га возрастал в вариантах с комплексной химизацией по неудобренному фону на 4580–4673 руб. и по аммофосу на 4490–5800 руб.

Таблица 63 – Экономическая эффективность применения средств химизации (среднее за 2021–2023 гг.)

Показатель	Без удобрений				N ₁₂ P ₅₂			
	Г	ГА	КХ ₁	КХ ₂	Г	ГА	КХ ₁	КХ ₂
Урожайность, т/га	0,919	0,970	1,066	1,104	0,991	1,046	1,135	1,210
Прямые затраты, руб./га	10887	11071	11291	12485	16545	16761	16937	18169
Стоимость продукции, руб./га	31154	32917	36137	37425	33594	35459	38476	41019
Себестоимость 1 т продукции, руб.	11847	11414	10592	11309	16696	16024	14922	15016
Условно чистый доход с 1 га, руб.	20267	21812	24847	24940	17050	18698	21540	22850
Уровень рентабельности, %	186,1	197,3	220,1	199,8	103,0	111,6	127,2	125,8

С учетом всех экономических показателей оптимальным вариантом применения средств химизации признана комплексная химизация без использования при посеве удобрений (уровень рентабельности составил 199,8–220,1 %).

На фоне применения аммофоса при посеве уровень рентабельности снижался, но при комплексной химизации достигал 125, 8–127,2 %.

В структуре затрат на 1 га ведущее место при возделывании льна без применения удобрений занимали технологические (таблица 64). По мере усиления фона химизации их доля снижалась с 43,87 до 38,96 %. Только доля затрат на гербициды увеличивалась с 29,27 до 37, 61 %.

Таблица 64 – Структура затрат при определении оптимального уровня средств химизации

Фон удобрений	Фон химизации	Всего затрат, руб./га	Доля затрат на 1 га, %			
			семена	гербициды	удобрения	технологические
Без удобрений	Г	10887	26,87	29,27	0,00	43,87
	ГА	11071	26,42	29,92	0,00	43,66
	КХ ₁	11291	25,91	30,69	0,00	43,11
	КХ ₂	12485	23,43	37,61	0,00	38,96
N ₁₂ P ₅₂	Г	16545	17,68	19,26	33,68	29,38
	ГА	16761	17,45	19,76	33,25	29,53
	КХ ₁	16937	17,27	20,46	32,91	29,36
	КХ ₂	18169	16,10	25,84	30,67	27,38

На фоне внесения аммофоса ведущее место стали занимать затраты на его применение. Естественно, сократилась доля затрат на технологические приемы, гербициды и семена.

С учетом всех изменений оптимальным вариантом средств химизации признана комплексная химизация без применения удобрения (уровень рентабельности составил 199,8–220,1 %).

На фоне применения аммофоса при посеве уровень рентабельности снижался, но при комплексной химизации достигал 125, 8–127,2 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В степной зоне Западной Сибири за 2020–2023 гг. отмечались острозасушливые условия. Гидротермический коэффициент составлял 0,38–0,53, при норме 0,85.

2. При возделывании льна масличного сорта Северный следует отдавать предпочтение посеву в третьей декаде мая. Урожайность семян по сравнению с первой декадой на неудобренном фоне при использовании только гербицидов возрастала на 0,46 т/га и при комплексной химизации – на 0,39 т/га. На фоне аммофоса эти различия составляли 0,43–0,37 т/га.

3. При опрыскивании посевов льна масличного гербицидами в фазу «ёлочки» оптимальным расходом рабочей жидкости было 200 л/га. Уровень рентабельности на неудобренном фоне составил 225,1 и 148,0 % при использовании аммофоса при посеве.

4. Для условий степной зоны Западной Сибири оптимальной нормой высева льна масличного следует считать 4 млн.всхожих семян на 1 га. При урожайности 1,06 т/га на неудобренном фоне и 1,17 т/га на фоне аммофоса уровень рентабельности составил 292,8 и 151,9 %. Дальнейшее уменьшение, или увеличение нормы высева приводило к достоверному снижению всех исследуемых показателей.

5. Почвенная влага продуктивнее расходовалась растениями льна масличного в варианте с применением комплексной химизации. В сравнении с контрольным вариантом на формирование 1 т семян расход воды был меньше на 19,01 % по неудобренному фону и на 20,85 % на фоне с применением аммофоса.

6. Увеличение применяемых средств химизации не снижало в почве величину олигонитрофилов и фосфатомобилизующих микроорганизмов при увеличении целлюлозоразрушающих бактерий, нитрификаторов и грибов.

7. Увеличение применяемых средств химизации способствовало снижению доли сорняков в агрофитоценозе льна масличного до 6,77–7,62 % на неудобренном фоне и до 7,39–7,94 % – на фоне применения аммофоса.

8. В засушливые годы исследований при использовании гербицидов получено 0,92 т семян с 1 га. От внесения аммофоса урожайность повышалась в среднем на 0,07 т/га, но существенно только в 2021 – 2022 гг.

9. Оптимальными вариантами химизации признана комплексная химизации: (КХ₁) – в фазу «ёлочки»: гербициды Агритокс, ВК – 1,0 л/га + Легион, КЭ – 0,4 л/га + альбит, ТПС – 30 мл/га + Лигногумат – 100 г/га и в бутонизацию Изагри Бор – 0,5 л/га. Урожайность семян льна 1,07 т/га на удобренном фоне и 1,14 т/га на фоне применения аммофоса (N₁₂P₅₂). (КХ₂) – с добавлением альбита, ТПС – 30 мл/га, Изагри Азот – 2 л/га и в фазу бутонизации – Изагри Фосфор – 2 л/га. Урожайность семян льна составила 1,10 т/га на удобренном фоне и 1,21 т/га – на фоне применения аммофоса.

10. Уровень рентабельности при комплексных химизациях составлял 220,1–199,8 % на удобренном фоне и 127,2– 25,8 % – на фоне аммофоса.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях степной зоны Западной Сибири в качестве оптимального варианта технологии возделывания льна масличного рекомендуется:

1. высевать лен масличный в третьей декаде мая с нормой высева 4 млн. всхожих семян на 1 га;
2. при обработке посевов в фазу «ёлочки» применять смесь гербицидов Агритокс, ВК (1 л/га) и Легион, КЭ (0,4 л/га), регулятор роста Альбит, ТПС (30 мл/га) и жидкие удобрения Изагри Азот (2 л/га). В фазу бутонизации дополнительно опрыскивать препаратом Изагри Фосфор (2 л/га).
3. при обработке посевов льна масличного химическими препаратами направленного действия, рекомендуется придерживаться нормы расхода рабочей жидкости в 200 л/га.
4. для увеличения уровня рентабельности на фоне комплексных химизаций в засушливых условиях степной зоны Западной Сибири применять при посеве льна масличного аммофос ($N_{12}P_{52}$) в норме 1 ц/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдееenko А.П. Продуктивность льна масличного в зависимости от нормы высева и гербицидов / А.П. Авдееenko // Успехи современной науки. – 2015. – № 4. – С. 19–22.
2. Агроклиматический справочник по Омской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 228 с.
3. Агрофизическая характеристика почв Западной Сибири / Академия наук СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т почвоведения и агрохимии; под. ред. В.П. Панфилова. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976. – 540 с.
4. Адаптивные технологии возделывания масличных культур / С.В. Гаркуша, В.М. Лукомец, Н.И. Бочкарев [и др.]. – Краснодар: Альбатрос Плюс, 2011. – 184 с.
5. Антонова О.И. Влияние биологически активных веществ на вынос элементов питания в зависимости от дозы и способа применения на льне масличном / О.И. Антонова, С.М. Чавкунькин // Вестник Алтайского ГАУ. – 2006. – № 1. – С. 8–11.
6. Антонова О.И. Технология возделывания льна масличного в Алтайском крае: рекомендации / О.И. Антонова, В.Г. Антонов. – Барнаул: РИО АГАУ, 2014. – 58 с.
7. Антонова О.И. Эффективность припосевного внесения аммиачной селитры и азофоски под лен масличный при его повторном посеве / О.И. Антонова, П.Ю. Латарцев // Вестник Алтайского ГАУ. – 2014. – № 6 (116). – С. 5–10.
8. Бакуленко Н.И. Влияние минеральных удобрений на посевные и урожайные качества семян льна масличного / Н.И. Бакуленко // Полевые культуры. – Омск, 1972. – Т. 100. – С. 91–95.
9. Белевцев Д.Н. Эффективность и совершенствование технологий масличных культур в рыночных условиях Ростовской области / Д.Н. Белевцев // Мат. Междунар. науч.-практ. конф.: Проблемы борьбы с засухой. – Ставрополь, 2005. – Т. 1. – С. 161–168.

10. Большая советская энциклопедия [Электронный ресурс] (дата обращения: 12.08.2020).
11. Буряков Н. Жмых льняной в кормлении перепелов / Н. Буряков, М. Бурякова // Комбикорма. – 2005. – № 2. – С. 56.
12. Бушнев А.С. Реализация генетического потенциала семенной продуктивности новых сортов масличного льна с учетом современных ресурсосберегающих технологий Южного федерального округа / А.С. Бушнев, Т.Н. Лучкин, Г.И. Орехов // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 3 (183). – С. 84–91.
13. Бушнев А.С. Роль сортовых агротехник в реализации продуктивности масличных культур с учетом изменяющихся погодно-климатических условий / А.С. Бушнев // Масличные культуры. Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. – 2011. – Вып. 2 (148-149). – С. 61–67.
14. Бушнев А.С. Современный ассортимент гербицидов для защиты льна масличного (обзор) / А.С. Бушнев // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 1 (177). – С. 132–137.
15. Вавилов П.П. Полевые сельскохозяйственные культуры СССР / П.П. Вавилов, Л.Н. Балышев. – М.: Колос, 1984. – 160 с.
16. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв: учеб. пособие для вузов / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
17. Виноградов Д.В. Влияние норм посева и удобрений на продуктивность льна масличного / Д.В. Виноградов, А.А. Кунцевич // Вестник КрасГАУ, 2015. – № 6. – С. 182–187.
18. Виноградов Д.В. Урожайность льна масличного сорта ВНИИМК 620 в зависимости от применения гербицидов и органо-минеральных удобрений / Д.В. Виноградов, Н.С. Егорова, Г.Д. Гогмачадзе // АгроЭкоИнфо, 2016. – 4 (26). – [Электронный ресурс: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal/index.html>].
19. Влияние гидротермических условий вегетационного периода на продуктивность льна масличного / В.Г. Васин, А.Б. Абуова, С.А. Тулькубаева [и др.] // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации,

рынки, кадры: науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье. – Казань: Казанский ГАУ, 2019. – С. 54–59.

20. Влияние минеральных удобрений на развитие фузариоза и урожайность льна в условиях центральной зоны Курганской области / И.Н. Персеев, Е.Ю. Торопова, Н.А. Купцевич [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. – 2017. – № 1 (21). – С. 47–53.

21. Влияние удобрений на продуктивность льна масличного сорта Исток / В.Н. Бражников, О.Ф. Бражникова [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2019. – Т. 1. – № 2 (88). – С. 68–72.

22. Войнова-Райкова Ж. Микроорганизмы и плодородие / Ж. Войнова-Райкова, В. Райков, Г. Ампова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 119 с.

23. Востров И.С. Определение биологической активности почвы различными методами / И.С. Востров, А.Н. Петрова // Микробиология. – 1961. – Т. 30, № 4. – С. 665–672.

24. Гайнуллин Р.М. Возродим масличный лен / Р.М. Гайнуллин // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 5. – С. 37–38.

25. Гайнуллин Р.М. Лен масличный / Р.М. Гайнуллин, Д.А. Краснова, М.Ш. Тапиров. – Казань, 2005. – 86 с.

26. Гайнуллин, Р.М. Научное обоснование приемов возделывания люпина и льна масличного и воспроизводство плодородия почв в лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09 и 06.01.04 / Гайнуллин Рустам Мухтарович. – Немчиновка, 2008. – 40 с.

27. Галкин Ф.М. Лен масличный: селекция, семеноводство, технология возделывания и уборка / Ф.М. Галкин, В.И. Хатынский, Н.М. Тишков [и др.]. – Краснодар, 2008. – 191 с.

28. Геваркова Е.Э. Влияние микроудобрений на продуктивность льна масличного / Е.Э. Геваркова // Аграрные конференции. – 2019. – № 6 (18). – С. 41–46.

29. Голев А.А. Совершенствование агротехнических приемов возделывания льна масличного на южных черноземах Волгоградской области:

автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Голев Алексей Александрович. – Волгоград, 2017. – 20 с.

30. Гореева В.Н. Реакция льна масличного ВНИИМК 620 на глубину посева семян / В.Н. Гореева, К.В. Кошкина, Е.В. Корепанова // Пермский аграрный вестник. – 2013. – № 4 (4). – С. 11–14.

31. ГОСТ 10582 – 76. Семена льна масличного. Промышленное сырье. Технические условия. – М., Изд-во стандартов, 1977. – 2 с.

32. ГОСТ 26204 – 91. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова. – М., Изд-во стандартов, 1992. – 8 с.

33. ГОСТ 26488 – 85. Определение нитратного азота в почве. – М., Изд-во стандартов, 1986. – 4 с.

34. ГОСТ Р 52325 – 2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия. Общие технические условия. – М., Изд-во стандартов, 2009. – 20 с.

35. Гудинова Е.Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность льна в лесостепи Омской области / Е.Н. Гудинова // Биология, селекция и агротехника полевых культур в Западной Сибири: сб. науч. тр. Омской СХМ. – Омск, 1973. – С. 106–108.

36. Даниленко Ж.Ю. Внекорневая подкормка сельскохозяйственных культур / Ж.Ю. Даниленко, К.П. Адриев, В.В. Терентьев // Мат. Междунар. науч. практ. конф, посвящ. памяти члена-корреспондента РАСХН и НАНКС, академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. – 2020. – С.226 – 229.

37. Динкелакер Г.Е. Внекорневые подкормки на льне масличном / Г.Е. Динкелакер // Итоги и перспективы развития Сибирского земледелия: мат.

Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 105-летию агр. (агротехн.) фак-та и 75-летию доктора с.-х. наук, проф. Рендова Н.А. – Омск, 2023. – С. 40–41.

38. Долгова Л.П. Влияние погодных условий, минеральных удобрений, сроков посева, норм высева на рост и урожай масличного льна в условиях

СевероКазахстанской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук Л.П. Долгова – Иркутск, 1969. – 22 с.

39. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

40. Дряхлов А.А. Продуктивность льна масличного в зависимости от засоренности посевов и применения гербицидов на черноземах Западного Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Дряхлов Александр Андреевич. – Краснодар, 2004. – 22 с.

41. Дьяков А.Б. Физиология и экология льна / А.Б. Дьяков. – Краснодар, 2006. – 224 с.

42. Егорова Н.С. Приемы повышения продуктивности льна масличного в условиях Нечерноземной зоны России: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Егорова Надежда Сергеевна. – Казань, 2018. – 20 с.

43. Ермаков А.И. Зависимость химического состава семян льна от условий выращивания в различных почвенно-климатических зонах / А.И. Ермаков. – М., 1958. – С. 54.

44. Жамалова Д.Б. Влияние сроков сева, норм высева, стимуляторов роста на развитие растений льна масличного в Северном Казахстане / Д.Б. Жамалова, В.Г. Васин // Известия Самарской ГСХА. – 2015. – № 4. – С. 33–39.

45. Жамалова Д.Б. Приемы возделывания льна масличного в условиях Северного Казахстана: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Жамалова Динара Булатовна. – Усть-Кинельский, 2017. – 19 с.

46. Журина Л.Л. Агрометеорология: учебник / Л.Л. Журина, А.П. Лосев. – СПб: Квадро, 2012. – 368 с.

47. Жученко А.А. Эколого-генетические основы адаптивной системы селекции растений / А.А. Жученко // Сельскохозяйственная биология. – 2000. – № 3. – С. 3–29.

48. Захарова Л.М. Смеси гербицидов и биологически активных препаратов для защиты льна масличного / Л.М. Захарова // Защита и карантин растений. – 2016. – № 6. – С. 29–31.
49. Защита льна масличного от сорной растительности / А.С. Бушнев [и др.] // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 4 (184). – С. 38–44.
50. Иванов В.К. Климат Омска: результаты 40-летних наблюдений метеорологической станции Омского сельскохозяйственного института им. С.М. Кирова / В.К. Иванов. – Омск: ОмСХИ, 1971. – 54 с.
51. Качинский Н.А. Физика почв / Н.А. Качинский. – М.: Сельхозгиз, 1965. – Ч. 1. – 323 с.
52. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
53. Клевенская И.Л. Микрофлора почв Западной Сибири / И.Л. Клевенская, Н.Н. Наплекова, Н.И. Гантимурова. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ния, 1970. – 222 с.
54. Кобякова Т.И. Состояние отрасли льноводства и перспективы развития в центральной и северо-западной агроклиматических зонах Курганской области / Т.И. Кобякова, Л.В. Уфимцева // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 2 (182). – С. 83–87.
55. Коломникова Г.Д. Рост, развитие и продуктивность льна масличного при двухстороннем использовании в зависимости от метеорологических условий, предшественников и минеральных удобрений в южной лесостепи Омской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Коломникова Галина Дмитриевна. – Омск, 1978. – 25 с.
56. Колотов А.П. Высокопродуктивные посевы льна масличного на Среднем Урале / А.П. Колотов // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 1 (177). – С. 60–66.
57. Колотов А.П. Изменение массы 1000 семян и её влияние на урожайность льна масличного в зависимости от погоды и сортовых особенностей / А.П. Колотов // Пермский аграрный вестник. – 2019. – № 2 (26). – С. 72–77.

58. Колотов А.П. Лен масличный на Среднем Урале / А.П. Колотов, С.Л. Елисеев // Пермский аграрный вестник. – 2014. – № 1 (5). – С. 16–21.
59. Колотов А.П. Лен масличный на Среднем Урале: монография. / А.П. Колотов. – Екатеринбург, 2020. – 227 с.
60. Колотов А.П. Оценка продуктивности сортов масличного льна в условиях Свердловской области / А.П. Колотов, Н.А. Кипрушкина // Масличные культуры. – 2022. – Вып. 1 (189). – С. 54–61.
61. Колотов А.П. Экономическая эффективность возделывания льна масличного на Среднем Урале / А.П. Колотов, Л.В. Гусева, О.В. Синякова // АПК России. – 2015. – Т. 72. – № 2. – С. 135–140.
62. Коренев Г.В. Растениеводство с основами селекции и семеноводства / Г.В. Коренев, П.И. Подгорный, С.Н. Щербак; под ред. Г.В. Коренева – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 575 с.
63. Кочкин А.С. Оптимизация минерального питания льна масличного на черноземе выщелоченном / А.С. Кочкин, Р.Н. Есаулко // Плодородие. – 2010. – № 2. – С. 34–35.
64. Кошелев Б.С. Организационно-экономические основы производства зерна в Западной Сибири: монография / Б.С. Кошелев. – Омск: Изд-ва ОмГАУ, 2003. – 360 с.
65. Красноголовый М.Ю. Технология возделывания льна масличного в условиях Северного Казахстана / М.Ю. Красноголовый // «Итоги и перспективы развития Сибирского земледелия», конф., посвящ. 105-летию агрономического (агротехнологического) факультета и 75-летию доктора с.-х. наук, профессора Рендова Николая Александровича, 2 марта 2022 г. – Омск. 2023. – С. 72–75.
66. Куанышкалиев А.Т. Влияние различных доз минеральных удобрений на урожайность льна масличного в условиях Саратовского Правобережья / А.Т. Куанышкалиев // Агрохимия и экология: история и современность. – Всерос. науч.иссл. ин-т агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2008. – Т.1. – С. 158–161.

67. Кудрявцев Н.А. Обеспечение чистоты и здоровья посевов льна при обработке новыми пестицидами / Н.А. Кудрявцев, Л.А. Зайцева, З.К. Курбанова // Вестник Новосибирского ГАУ. – 2021. – № 2 (59). – С. 43–52.
68. Кузнецова Г.Н. Новые сорта масличных культур / Г.Н. Кузнецова, А.К. Минжасова, Р.С. Полякова // Вестник Российской с.-х. науки. – 2017. – № 2. – С. 18–20.
69. Кузнецова Г.Н. Оптимизация минерального питания льна масличного в южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Кузнецова Галина Николаевна. – Омск, 2004. – 17 с.
70. Кузнецова Г.Н. Экономическая эффективность возделывания масличных культур в Омской области / Г.Н. Кузнецова, И.А. Лошкомойников, К.М. Кривошлыков // Масличные культуры. – 2021. – Вып. 3 (187). – С. 53–57.
71. Кунцевич А.А. Совершенствование элементов технологии возделывания льна масличного в условиях Центрального Нечерноземья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Кунцевич Алексей Александрович. – Немчиновка, 2015. – 19 с.
72. Купцевич Н.А. Оптимизация технологии возделывания льна в условиях Южного Зауралья / Н.А. Купцевич // Вестник Курганской ГСХА. – 2018. – № 3. – С. 36–41.
73. Кутузова С.Н. Лен масличный в условиях Самарской области / С.Н. Кутузова, А.А. Санин, Е.В. Июнина // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – ВИР, 1999. – Т. 156. – С. 66–99.
74. Кшникаткина А.Н. Регуляторы роста и микроудобрения – факторы повышения продуктивности льна масличного / А.Н. Кшникаткина, Е.Ю. Журавлев // Нива Поволжья. – 2016. – № 4 (49). – С. 67–71.
75. Латарцев П.Ю. Особенности потребления основных элементов питания льном масличным в связи с внесением удобрений / П.Ю. Латарцев, О.И. Антонова // Вестник Алтайского ГАУ. – 2021. – № 10 (204). – С. 32–37.
76. Латарцев П.Ю. Сравнительная оценка действия разных видов и доз минеральных удобрений на элементы структуры, урожайность и качество семян

льна масличного / П.Ю. Латарцев // Вестник Алтайского ГАУ. – 2022. – № 9 (215). – С. 5–11.

77. Латарцев П.Ю. Эффективность разных видов азотных удобрений под лен масличный в условиях колючей степи Алтайского края / П.Ю. Латарцев, О.И. Антонова // Вестник Алтайского ГАУ. – 2020. – № 10 (192). – С. 13–19.

78. Лен масличный на Ставрополье: монография / под общ. ред. В.К. Дридигера, А.Н. Есаулко, Г.Ф. Дорожко. – Ставрополь: Параграф, 2013. – 148 с.

79. Лен масличный: селекция, семеноводство, технология возделывания и уборки / Ф.М. Галкин, В.И. Хатнянский, Н.М. Тишков [и др.]. – Краснодар, 2008. – 191 с.

80. Лен. Технология возделывания и защиты от вредных организмов / А.П. Шиндин, Л.М. Захарова, В.Я. Тихомирова [и др.]. – М.: РосАгроХим, 2012. – 144 с.

81. Лошкомойников И.А. Рекомендации по возделыванию льна масличного в Омской области / И.А. Лошкомойников, А.Н. Пузиков, А.К. Минжасова. – Искилькуль, 2011. – 16 с.

82. Лукомец В.М. Современное состояние производства и научного обеспечения льна масличного / В.М. Лукомец, А.В. Кочегура, Л.Г. Рябенко // Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека: мат. Междунар. науч.-практ. семинара, г. Торжок, 26-28 сентября 2011 г. – Тверь: Тверской гос. ун-т, 2012. – С. 33–43.

83. Масличные культуры: биологические особенности, технология производства, сорта, состав, питательность и использование при кормлении крупного рогатого скота / П.Ф. Шмаков, И.А. Лошкомойников, А.Н. Пузиков [и др.]. – Омск: Омскбланкиздат, 2013. – 300 с.

84. Масличный лен: современные технологии возделывания / В.А. Гулидова, С.М. Князева [и др.] // Практическое руководство. – 2016. – 48 с.

85. Махова Т.В. Урожайность льна масличного в зависимости от способов сева и норм высева / Т.В. Махова // Мат. VII Междунар. конф. молодых ученых и специалистов. – Краснодар: ВНИИМК, 2013. – С. 150–154.

86. Медведев Г.А. Приемы повышения продуктивности льна масличного в подзоне южных черноземов Волгоградской области / Г.А. Медведев, Н.Г. Екатериничева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1 (41). – С. 57–63.
87. Медведев Г.А. Эффективность возделывания льна масличного на южных черноземах Волгоградской области / Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков, А.А. Голеев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1 (37). – С. 1–5.
88. Мезенцев В.С. Атлас увлажнения и теплообеспеченности ЗападноСибирской равнины / В.С. Мезенцев. – Омск: ОмСХИ, 1961. – 66 с.
89. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1989. – Вып. 2. – 176 с.
90. Методика и техника учета сорняков: науч. тр. / НИИСХ Юго-Востока. – Саратов, 1969. – Вып. 26. – 196 с.
91. Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами / под ред. В.М. Лукомца. – Краснодар: ВНИИМК, 2007. – 113 с.
92. Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования / Е.Ю. Гейгер, Л.Д. Варламова, В.В. Семенова [и др.] // Агрохимический вестник. – 2017. – № 2. – С. 29–32.
93. Милащенко Н.З. Система мер борьбы с сорной растительностью в севооборотах / Н.З. Милащенко, А.Ф. Неклюдов // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1981. – № 1. – С. 8–16.
94. Минжасова А. Селекция льна масличного на качественный состав масла / А. Минжасова, И. Лошкомойников // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 3. – С. 33–35.
95. Минкевич И.А. Лен масличный / И.А. Минкевич. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 179 с.

96. Мищенко Л.Н. Диагностика и классификация почв Западной Сибири и их сельскохозяйственное использование: учеб. пособие / Л.Н. Мищенко, А.И. Семенкин В.И. Убогов. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 68 с.
97. Мищенко Л.Н. Почвы Западной Сибири: учеб. пособие / Л.Н. Мищенко, А.Л. Мельников. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2007. – 248 с.
98. Музыкантов П.Д. Эффективность отдельных видов минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры для почв Российской Федерации (нормативы) / П.Д. Музыкантов, Н.К. Панкова. – М.: Росинформагротех. – 2003. – 388 с.
99. Муха В.Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов // В.Д. Муха. Сб. науч. тр. Харьковского СХИ – Харьков, 1980. – Т. 273. – С. 13–16.
100. Мюррей М. Жирные кислоты и наше здоровье / М. Мюррей. – М.: Коралл Клаб, 1999. – С. 32.
101. Некрасова Е.В. Сортоизучение льна масличного в южной лесостепи Омской области / Е.В. Некрасова, Ю.В. Фризен, С.И. Мозылева // «Итоги и персп. разв. сиб. земледелия»: конф., посвящ. 105 лет. агроном. (агротех.) ф-та и 75-летию докт. с.-х. н., проф. Рендова Н.А. 2 марта 2022 г. – Омск 2023. – С. 140–143.
102. Нечипоренко В.Н. Возделывание льна масличного в развитых капиталистических странах / В.Н. Нечипоренко // Сельскохозяйственная наука и производство. – М.: ВАСХНИЛ. – 1987. № 6. – С. 66–73.
103. Никитин Д.И. Масличные культуры / Д.И. Никитин. – ВПК Запорожья, 1996. – 255 с.
104. Носевич М.А. Особенности развития и урожайности льна масличного в зависимости от доз минеральных удобрений / М.А. Носевич // Известия СанктПетербургского ГАУ. – 2016. – № 42. – С. 26–30.
105. Оптимизация технологии возделывания голозерного ячменя в условиях южной лесостепи Западной Сибири: монография / А.В. Гладких, Н.А. Рендов, Е.В. Некрасова, С.И. Мозылева; ФГБОУ ВО Омский ГАУ. – Омск, 2022. – 1 CD-R.

106. Особенности формирования продуктивности льна масличного при разном уровне питания / Д.В. Виноградов, В.И. Перегудов, Н.А. Артемова, А.В. Поляков // *Агрохимический вестник*. – 2010. – № 3. – С. 23–24.
107. Панников В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 473–479.
108. Перспективная ресурсосберегающая технология производства льна масличного: метод. рекомендации / В.М. Лукомец [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех». – 2010. – 52 с.
109. Перспективная ресурсосберегающая технология производства льна масличного: метод. рек. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 52 с.
110. Першаков А.Ю. К вопросу о выращивании льна масличного в условиях Тюменской области / А.Ю. Першаков, В.С. Рамазанова, Р.И. Белкина // *Сб. мат. науч.-практ. конф. «Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса*. – Тюмень. – 2022. – С. 134–140.
111. Першаков А.Ю. Лен масличный в восточных регионах страны (аналитический обзор) / А.Ю. Першаков, Р.И. Белкина, С.А. Хаустова // *Агропродовольственная политика России*. – 2020. – № 6. – С. 11–15.
112. Першаков А.Ю. Отзывчивость сортов льна масличного на возрастающие нормы минеральных удобрений / А.Ю. Першаков, Р.И. Белкина, А.К. Сулейменова // *Вестник КрасГАУ*. – 2021. – № 6 (171). – С. 11–17.
113. Першаков А.Ю. Оценка урожайности и масличности технических культур, выращиваемых в лесостепной зоне Зауралья / А.Ю. Першаков, Н.А. Волкова // *Вестник Мичуринского ГАУ*. – 2021. – 2021. № 4 (67). – С. 91–94.
114. Першаков А.Ю. Совершенствование технологии возделывания льна масличного в условиях Северного Зауралья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Першаков Анатолий Юрьевич. – Красноярск, 2022. – 18 с.
115. Першаков А.Ю. Урожайность и качество семян сортов льна масличного под влиянием удобрений в условиях северной лесостепи Тюменской области / А.Ю. Першаков, Р.И. Белкина, А.К. Сулейменова // *Вестник Мичуринского ГАУ*. – 2021. – № 4 (67). – С. 83–87.

116. Першаков А.Ю. Элементы технологии возделывания льна масличного в Северном Зауралье / А.Ю. Першаков, Р.И. Белкина, В.С. Рамазанова // Вестник Бурятской ГСХА. – 2020. – № 2 (59). – С. 29–35.
117. Полевые культуры Западной Сибири: учеб. пособие / под ред. Л.И. Шаниной. – 2-е изд. доп. и перераб. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2003. – 504 с.
118. Понажев В.П. Производство льна – на уровень современных требований / В.П. Понажев // Защита и карантин растений. – 2013. № 2. – С. 6–9.
119. Пономарев А.Б. Научное обеспечение производства масличных культур в Уральском федеральном округе / А.Б. Пономарев // Агропродовольственная политика России. – 2019. – № 1 (85). – С. 23–28.
120. Пономарева М.Л. Селекционно-генетические аспекты изучения льна масличного в условиях Республики Татарстан / М.Л. Пономарева, Д.А. Краснова. – Казань: ФЭМАНРТ, 2010. – 144 с.
121. Потребительская ценность семян льна / В.А. Зубцов, Т.И. Лебедева, Л.П. Осипова [и др.] // Аграрная наука, 2002. – № 10. – С. 12–14.
122. Применение баковых смесей гербицидов с Альбитом на льне масличном / А.С. Бушнев [и др.] // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 4 (180). – С. 133–142.
123. Продуктивность и фотосинтетическая деятельность льна масличного ВНИИМК 620 при разных способах посева и нормах высева / В.Н. Гореева, И.Ш. Фатыхов, Е.В. Корепанова, К.В. Корепанова // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – № 1. – Т. 30. – С. 40–43.
124. Продуктивность сортов льна масличного ВНИИМК 620 и Северный при применении удобрений и инсектицидов / В.Н. Гореева, Р.Р. Галиев, Е.В. Корепанова, И.Ш. Фатыхов // Вестник Курской ГСХА. – 2019. – № 2. – С. 25–32.
125. Прозоровская Н.Н. Льняное масло как биологически активная добавка (ГУ-НИИ биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича РАМН) / Н.Н. Прозоровская, Д.А. Гусева // Масла и жиры. – 2008. – № 5. – С. 26–27.

126. Пряженникова О.Е. Целлюлозолитическая активность почв в условиях городской среды / О.Е. Пряженникова // Вестник Кемеровского ГУ. – 2011. № 3. – С. 9–13.
127. Пустовойт В.С. Руководство по селекции и семеноводству масличных культур / В.С. Пустовойт. – М.: Колос, 1967. – 351 с.
128. Рейнгард Я.Р. Деградация почв экосистем юга Западной Сибири: монография / Я.Р. Рейнгард. – Лодзь – Польша, 2009. – 636 с.
129. Рекомендации по возделыванию льна масличного в Омской области / И.А. Лошкомойников, В.В. Крюкова, А.Н. Пузиков [и др.]. – Исилькуль, 2000. – 10 с.
130. Рекомендации по возделыванию льна масличного в Омской области / И.А. Лошкомойников, А.Н. Пузиков, Г.Н. Кузнецова [и др.]. – Исилькуль, 2019. – 117 с.
131. Рекомендации по возделыванию льна масличного в условиях Северного Казахстана / А.А. Зосич, С.Н. Гудожников, С.М. Маторин [и др.]. – Нур-Султан, 2020. – 45 с.
132. Сатаев А.О. Содержание белка и жира в семенах сортов льна масличного в условиях Северного Зауралья / А.О. Сатаев, А.Ю. Першаков, Р.И. Белкина // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сб. мат. ЛП Международ. студ. науч.-пр. конф. – 2019. – С. 43–48.
133. Сафонов М.Д. Лен масличный / М.Д. Сафонов. – М.: Сельхозгиз, 1954. – 32 с.
134. Северов В.И. Некоторые проблемы производства высокобелковых кормов растительного происхождения / В.И. Северов // Экспресс-информация / Гос. НИИ авиационных систем. – 2002. – № 13. – С. 8–10.
135. Северов В.И. Технология возделывания льна масличного в Тульской области / В.И. Северов. – Тула: Левша, 2000. – 28 с.
136. Сентябрьев А.А. Лен масличный – культура больших возможностей / А.А. Сентябрьев // Земледелие. – 2010. – № 8. – С. 26–27.
137. Сентябрьев А.А. Разработка научно обоснованных элементов технологии возделывания льна масличного в зоне неустойчивого увлажнения:

автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Сентябрьев Александр Анатольевич. – Ставрополь, 2011. – 22 с.

138. Система адаптивного земледелия Омской области. ФГБНУ «Омский АНЦ». – Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2020. – 522 с.

139. Совершенствование сортовой агротехники льна масличного на черноземах выщелоченном и обыкновенном / А.С. Бушнев, Ф.И. Горбаченко, Е.В. Картамышева [и др.] // Масличные культуры. Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. – 2016. – Вып. 4 (168). – С. 67–76.

140. Сорокин Д.К. Влияние норм посева на качество семян сортов льна масличного в условиях северной лесостепи Тюменской области / Д.К. Сорокин, А.Ю. Першаков, Р.И. Белкина // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: сб. мат. ЛIII Междунар. студ. науч.-практ. конф. – 2019. – С. 57–61.

141. Состояние производства и пути повышения экономической эффективности возделывания льна масличного в условиях юга России / Ю.В. Мамырко, К.М. Кривошлыков, А.С. Бушнев [и др.]. // Масличные культуры: науч.-техн. бюл. ВНИИМК. – 2018. – Вып. 3 (175). – С. 64–71.

142. Степанова П.В. Оценка сырьевого потенциала льна масличного / П.В. Степанова, Д.П. Чирик // Вестник Белорусской ГСХА. – 2021. – С. 126–129.

143. Сулейменова А. Семеноводство льна масличного / А. Сулейменова // Московский экономический журнал. – 2019. – № 11. – С. 536–542.

144. Сулейменова А.К. Возделывание льна масличного в Сибири / А.К. Сулейменова // International agricultural journal. – 2019. – № 4. – С. 159–169.

145. Сычев В.Г. Влияние уровня минерального питания на величину и качество урожая льна масличного / В.Г. Сычев, В.П. Янишевский, О.Л. Янишевская // Плодородие. – 2011. – № 6. – С. 11–14.

146. Технические культуры / Я.В. Губанов [и др.] – М.: Агропромиздат, 1986. – С. 119–123.

147. Технические культуры / Я.В. Губанов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. – С. 119–123.

148. Тихомирова Л.Д. Биологическая активность и эффективное плодородие почвы при многолетних безотвальных обработках / Л.Д. Тихомирова, Л.Н. Святская // Вопросы сибирского земледелия: сб. науч. тр. / СибНИИСХ. – Омск, 1972. – С. 37–38.
149. Тихомирова Л.Д. Биологический метод определения плодородия почвы / Л.Д. Тихомирова // Сибирский вестник с.-х. науки. – 1973. № 5. – С. 15–18.
150. Тишков Н.М. Совершенствование системы удобрения как элемента сортовой технологии возделывания льна масличного / Н.М. Тишков, А.С. Бушнев, И.И. Шуляк // Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 2002. – Вып. 127. – С. 48–54.
151. Тулькубаева С.А. Оптимизация приемов возделывания масличных культур (лён масличный, яровой рапс, яровой рыжик) в условиях Северного Казахстана: автореф. дис... д-ра с.-х. наук: 4.1.1 / Тулькубаева Сания Абилягаевна. – Кинель, 2023. – 41 с.
152. Тулькубаева С.А. Рекомендации по технологии возделывания льна, рапса и рыжика в Костанайской области / С. А. Тулькубаева, М.Б. Ташмухамедов, И.В. Сидорик. – Заречное: Костанайский НИИСХ, 2017. – 43 с.
153. Урожайность и качество семян льна масличного при применении микробиологических препаратов в условиях 2022 года в южной лесостепи Западной Сибири / А.В. Красовская, М.П. Чупина, М.В. Усова [и др.] // Итоги и перспективы развития Сибирского земледелия: материалы Всерос. нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 105-летию агрономического (агротехнологического) факультета и 75-летию доктора с.-х наук, профессора Рендова Н.А., 2 марта 2023 г. – Омск. 2023. – С. 78–81.
154. Федосова Н.М. Влияние селекционного сорта на качество волокна масличного льна / Н.М. Федосова, А.С. Пешкова // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 8. – С. 30–31.
155. Филиппова И. Льняное масло, или Золотой ключик к долголетию / И. Филиппова. – СПб.: Диля, 2003. – 160 с.
156. Фризен Ю.В. Влияние предшественников на продуктивность льна масличного в условиях южной лесостепи Омской области / Ю.В. Фризен // Итоги и

перспектива развития Сибирского земледелия: конф., посвящ. 105-летию агроном. (агротех.) ф-та и 75-летия. д-ра. с.-х. наук, проф. Рендова Н.А., 2 марта 2023. – Омск, 2023. – С. 173–175.

157. Хаустова С.А. Влияние удобрений на урожайность и содержание жира в семенах сортов льна масличного / С.А. Хаустова, А.Ю. Першаков, Р.И. Белкина // Сб. мат. науч.-практ. конф.: «Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса. – Тюмень. – 2022. – С. 62–68.

158. Храмцов И.Ф. Сортовая отзывчивость льна масличного на минеральные удобрения / И.Ф. Храмцов, Г.Н. Кузнецова // Агрохимия. – 2004. – № 10. – С. 33–37.

159. Церлинг В.В. Химическая диагностика питания льна долгунца / В.В. Церлинг, А.С. Зинкевич, В.Я. Тихомирова // Вестник с.-х. науки. – 1975. – № 5. – С. 115–124.

160. Черенков О.А. Влияние азотосодержащих удобрений на формирование основных показателей качества льна масличного (межеумка) в зоне засушливой степи / О.А. Черенков // Вестник Алтайского ГАУ. – 2009. – № 11. – С. 20–24.

161. Черенков О.А. Формирование продуктивности льна межеумка под влиянием удобрений на фоне гербицидов при посеве в разные сроки на темнокаштановых почвах: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Черенков Олег Альбертович. – Барнаул, 2009. – 21 с.

162. Шамурзаев Р.И. Продуктивность и качество семян льна масличного в зависимости от уровня минерального питания / Р.И. Шамурзаев, М.Х. Ханиев // Аграрная наука. – 2009. – № 10. – С. 17–18.

163. Щербаков В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья / В.Г. Щербаков, В.Г. Лобанов. – М.: Колос, 2003. – 360 с.

164. Эффективность гербицидов на посевах льна масличного в условиях Волгоградской области / Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков, Н.В. Кочубеев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 2 (30). – С. 45–49.

165. Эффективность применения удобрений на посевах льна масличного в условиях Северного Кавказа / Н.М. Тишков, А.С. Бушнев, Н.Г. Михайлюченко [и др.] // Масличные культуры. – ВНИИМК, 2005. – Вып. 2 (133). – С. 63–68.
166. Яровые масличные культуры / Д. Шпаар, Х. Гинапп, В. Щербаков [и др.]. – Минск: ФУ Аинформ, 1999. – 288 с.
167. Ярош Н.П. Динамика жирных кислот, свободных и связанных липидов в созревающих семенах льна масличного и долгунца / Н.П. Ярош, О.М. Мегорская, О.Н. Иванова // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции ВИР. – 1980. – Т. 66. – Вып. 3. – С. 28–36.
168. Aldercreutz, H. Does fiber – rich food containing animal lignan precursors protect against both colon and breast cancer? An extension of the “fiber hypothesis” / H. Aldercreutz // *Gastraenterology*. – 1984. – № 86. – P. 761-766.
169. Holman, R.T. Omega 3 deficiencies in humans / R.T. Holman // *Proc. of the 55th Flax inst. of the U.S.* – 1994. – P. 4-11.
170. Hussein, M.M. Response of flax yield to nitrogen and shortage of water / M.M. Hussein, D.M. El-Harri, H.A. El-Zeiny // *Egyptian J. Agron.* – 1983. – Vol. 8. – № 1-2. – P. 83-92.
171. Kumar, A. Agro-technology for linseed production / A. Kumar // *Indian Farmers`Dig.* – 1989. – V. 22. – P. 7-9.
172. Laza, A. The influence of fertilization and seeding density / A. Laza, G. Pop // *Research Journal of Agricultural Science*, 2012. – Vol. 44 (4). – P. 96-102.
173. Linseed world primary production. Database of Food and Agriculture Organization (FAO) [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.fao.org/faostat/en#data/QC> (дата обращения: 24.01.2019).
174. Ludvicova, M. Transgenic flax/linseed (*Linum usitatissimum* L.) – expectation and reality / M. Ludvicova, M. Griga // *Czech J. Genet. Plant Breed.* – 2015. – Vol. 51. – P. 123-141.
175. Mingeau, M. Action de la secheresse sur la croissance et la production du lin oleagineux / M. Mingeau, A. Vernede // *Inform. Tech. CETIOM.* – 1977. – № 57. – P. 10-12.

176. Muhammad, T. Effect of foliar application of zinc on yield and oil contents of flax / T. Muhammad, I. Muhammad, F. Rehman // Pakistan J. Agric. Res. – 2014. – Vol. 27. – № 4. – P. 287-295.
177. Rahimi, M.M. Seed yield, oil compositions of flax (*Linum usitatissimum* L.) plants as affected by sowing date and nitrogen / M.M. Rahimi, A. Bahrani // Am Eurasian J. Agric. Environ. Sci. – 2011. – Vol. 10. – P. 1045-1056.
178. Rajan, A. Enrichment of w-3 fatty acids in flax seed oil by alkaline lipase of *Aspergillus fumigates* MTCC 9657 / A. Rajan, D.R. Sobankumar, A.J. Nair // International Journal of Food Science and Technology. – 2014. – Vol. 49. – P. 1337-1343.
179. Rama, T. Comparison study on the effect of some growth regulators on the nutrients content of maize plant under salinity conditions / T. Rama, Rashad, A. Hussein // Annals of Agricultural Sciences. – 2014. – P. 89-94.
180. Sheppard, S.C. Probability of response of flax to nitrogen fertilizer dependent upon planting data and weather / S.C. Sheppard, T.E. Bates // Can. J. Soil Sci. – 1988. – Vol. 68. – № 2. – P. 271-286.
181. Westcott, N.D. Chemical studies on the constituents of *Linum* / N.D. Westcott, A.D. Muir // Spp. Flax. The Genus *Linum*. – New York, 2003. – P. 55-73.
182. Zhang, Z.-S. Characteristics of flaxseed oil from two different flax plant / Z.-S. Zhang [et al] // International Journal of Food Properties. – 2011. – Vol. 14. – P. 1286-1296.
183. Zimmerman, D.S. Flax, Linseed oil and Human Nutrition // 55nd Ann. Flax Inst. of the U.S. – 1988. – P. 30-36.
184. Zundorf, K. Hat der Olleinanbau bei uns Chancen / K. Zundorf // Top agrar. – 1988. – 66: S. 36-37.

ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение А. Осадки за период вегетации льна масличного, мм
(метеостанция «Одесская»)**

Месяц	Декада	Норма	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Май	II	18	1,7	4,3	0,6	4,0
	III		1,9	0,3	3,3	8,0
Июнь	I	46	0,8	10,0	0,5	2,0
	II		0,7	8,0	18,0	12,0
	III		47,0	18,0	24,0	13,0
Июль	I	61	0,9	4,0	10,0	21,0
	II		14,0	30,0	6,6	12,0
	III		19,0	8,3	11,0	10,0
Август	I	50	0	23,0	3,0	4,0
	II		25,0	4,3	2,4	8,0
	III		5,4	3,0	1,4	19,0
Сумма за вегетационный период		175	116,4	113,2	80,8	113,0

Приложение Б. Среднесуточные температуры воздуха за вегетационный период льна масличного, °С (метеостанция «Одесская»)

Месяц	Декада	Норма	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Май	II	17,2	20,5	17,4	16,9	11,0
	III	18,8	19,1	22,2	19,6	17,8
Июнь	I	18,2	18,3	16,2	17,1	26,0
	II	19,5	17,9	19,2	21,1	18,5
	III	18,6	15,5	17,0	19,4	14,9
Июль	I	19,8	21,6	24,1	18,8	24,1
	II	20,3	24,6	18,2	22,5	24,6
	III	19,5	19,3	21,4	20,9	22,1
Август	I	19,6	25,3	20,9	20,4	22,5
	II	17,2	17,6	18,2	16,6	16,7
	III	17,5	17,4	20,3	17,0	16,3
Сумма за вегетационный период		2062	2171	2151	2103	2145

**Приложение В.1. Урожайность семян льна масличного в зависимости
от срока посева, т/га (2020 г.)**

Срок посева (А)	Фон химизации (В)	Фон удобрения	Повторность			
			1	2	3	4
15 мая	Гербициды	0	0,536	0,512	0,508	0,524
		N ₁₂ P ₅₂	0,771	0,814	0,780	0,755
	Комплексная химизация	0	0,748	0,791	0,743	0,758
		N ₁₂ P ₅₂	0,860	0,835	0,844	0,821
25 мая	Гербициды	0	0,737	0,787	0,777	0,782
		N ₁₂ P ₅₂	0,753	0,760	0,810	0,912
	Комплексная химизация	0	0,779	0,839	0,833	0,894
		N ₁₂ P ₅₂	0,836	0,877	0,859	0,928

**Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта
(систематическое размещение делянок)**

2020 г.

Градации факторов:

<i>А</i>	2
<i>В</i>	4
<i>П</i>	4

<i>Источник вариации</i>		<i>Сумма квадратов</i>	<i>Степень свободы</i>	<i>Средний квадрат</i>	<i>F-значение</i>		<i>Различия сущест. (+), несущест. (-)</i>
					<i>F_φ</i>	<i>F₀₅</i>	
Фактор А		0,1	1	0,08	63,133194	4,3247937	+
Фактор В		0,2	3	0,07	54,05892	3,072467	+
взаимодействия АВ		0,1	3	0,02	17,956164	3,072467	+
Повторения		0,0	3	0,00	2,2285034	3,072467	–
Остаток (ошибки)		0,0	21	0,00			
Общая		0,4	31				

Общее среднее — 0,7738

<i>Ошибка средней</i>	0,0174
<i>Относительная ошибка средней, %</i>	2,2468
<i>НСР (уровень значимости)</i>	0,05
<i>для частных различий</i>	0,0511
<i>для фактора А</i>	0,0256
<i>для фактора В</i>	0,0362
<i>для взаимодействия АВ</i>	0,0362

**Приложение В.2. Урожайность семян льна масличного в зависимости от
срока посева, т/га (2021 г.)**

Срок посева (А)	Фон химизации (В)	Фон удобрения	Повторность			
			1	2	3	4
15 мая	Гербициды	0	0,303	0,313	0,290	0,254
		N ₁₂ P ₅₂	0,442	0,453	0,432	0,393
	Комплексная химизация	0	0,593	0,561	0,551	0,535
		N ₁₂ P ₅₂	0,771	0,739	0,731	0,719
25 мая	Гербициды	0	0,930	0,869	0,977	0,910
		N ₁₂ P ₅₂	0,960	1,007	0,997	1,099
	Комплексная химизация	0	1,151	1,003	1,032	1,202
		N ₁₂ P ₅₂	1,295	1,340	1,245	1,267

**Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта
(систематическое размещение делянок)**

2021 г.

Градации факторов:

<i>A</i>	2
<i>B</i>	4
<i>П</i>	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия сущест. (+), несущест. (–)
					<i>F_φ</i>	<i>F₀₅</i>	
Фактор А		2,6	1	2,65	1048,5842	4,3247937	+
Фактор В		0,7	3	0,24	94,856882	3,072467	+
Взаимодействия АВ		0,0	3	0,00	1,4654548	3,072467	–
Повторения		0,0	3	0,00	0,3761588	3,072467	–
Остаток (ошибки)		0,1	21	0,00			
Общая		3,4	31				

Общее среднее — 0,7926

<i>Ошибка средней</i>		0,0251
<i>Относительная ошибка средней, %</i>		3,1696
<i>НСР (уровень значимости)</i>	0,05	
<i>для частных различий</i>		0,0739
<i>для фактора А</i>		0,0369
<i>для фактора В</i>		0,0522
<i>для взаимодействия АВ</i>		–

Приложение В.3. Урожайность семян льна масличного в зависимости от срока посева, т/га (2022 г.)

Срок посева (А)	Фон химизации (В)	Фон удобрения	Повторность			
			1	2	3	4
15 мая	Гербициды	0	0,444	0,455	0,421	0,384
		N ₁₂ P ₅₂	0,488	0,456	0,465	0,459
	Комплексная химизация	0	0,580	0,548	0,544	0,508
		N ₁₂ P ₅₂	0,619	0,631	0,643	0,652
25 мая	Гербициды	0	0,907	0,907	0,951	0,879
		N ₁₂ P ₅₂	0,972	0,998	0,991	0,932
	Комплексная химизация	0	1,041	1,095	1,120	1,122
		N ₁₂ P ₅₂	1,221	1,121	1,145	1,121

**Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта
(систематическое размещение делянок)**

2022 г.

Градации факторов:

А	2
В	4
П	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия сущест. (+), несущест. (-)
					F _ф	F ₀₅	
Фактор А		2,1	1	2,11	2326,4407	4,3247937	+
Фактор В		0,2	3	0,08	89,614321	3,072467	+
Взаимодействия АВ		0,0	3	0,00	1,5874252	3,072467	–
Повторения		0,0	3	0,00	1,4693848	3,072467	–
Остаток (ошибки)		0,0	21	0,00			
Общая		2,4	31				

Общее среднее – 0,7756

Ошибка средней		0,0151
Относительная ошибка средних, % –		1,9435
НСР (уровень значимости)	0,05	
для частных различий –		0,0443
для фактора А –		0,0222
для фактора В –		0,0313
для взаимодействия АВ –		-

Приложение Г.1. Урожайность семян льна масличного в зависимости от расхода рабочей жидкости, т/га (2020 г.)

Уровень химизации (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
50	0	0,728	0,733	0,750	0,755
	N ₁₂ P ₅₂	0,840	0,918	0,856	0,843
100	0	0,730	0,788	0,777	0,768
	N ₁₂ P ₅₂	0,915	0,994	0,960	0,963
200	0	0,779	0,839	0,833	0,798
	N ₁₂ P ₅₂	1,008	1,022	1,010	0,990

**Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта
(систематическое размещение делянок)**

2020 г.

Градации факторов:

<i>A</i>	3
<i>B</i>	2
<i>П</i>	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия существ. (+), несуществ. (-)
					<i>F_ф</i>	<i>F₀₅</i>	
Фактор А		0,0	2	0,02	69,504197	3,6823203	+
Фактор В		0,2	1	0,17	525,00202	4,5430771	+
Взаимодействия АВ		0,0	2	0,00	10,178711	3,6823203	+
Повторения		0,0	3	0,00	7,6657929	3,2873821	+
Остаток (ошибки)		0,0	15	0,00			
Общая		0,2	23				

Общее среднее – 0,8582

Ошибка средней 0,0091

Относительная ошибка средней, % – 1,0593

НСР (уровень значимости) 0,05

для частных различий – 0,0274

для фактора А – 0,0194

для фактора В – 0,0158

для взаимодействия АВ – 0,0158

Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта (систематическое размещение делянок)

Градации факторов:

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия существ. (+), несуществ. (–)
					F_{ϕ}	F_{05}	
Фактор А		0,1	2	0,05	18,332626	3,6823203	+
Фактор В		0,0	1	0,04	15,414114	4,5430771	+
Взаимодействия АВ		0,0	2	0,00	0,5324204	3,6823203	–
Повторения		0,0	3	0,01	2,1385116	3,2873821	–
Остаток (ошибки)		0,0	15	0,00			
Общая		0,2	23				

Ошибка средней		0,0251
Относительная ошибка средней, % –		2,3950
НСР (уровень значимости)	0,05	
для частных различий –		0,0758
для фактора А –		0,0536
для фактора В –		0,0437
для взаимодействия АВ –		–

Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта (систематическое размещение делянок)

Градации факторов:

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия существ. (+), несуществ. (-)
					F_{ϕ}	F_{05}	
Фактор А		0,1	2	0,04	18,548783	3,6823203	+
Фактор В		0,0	1	0,00	1,762936	4,5430771	–
Взаимодействия АВ		0,0	2	0,00	0,0662319	3,6823203	–
Повторения		0,0	3	0,01	3,4669035	3,2873821	+
Остаток (ошибки)		0,0	15	0,00			
Общая		0,1	23				

Ошибка средней		0,0220
Относительная ошибка средней, % –		2,0450
НСР (уровень значимости)	0,05	
для частных различий –		0,0663
для фактора А –		0,0469
для фактора В –		–
для взаимодействия АВ –		–

Приложение Ж.1. Урожайность семян льна при разных нормах высева, т/га (2020 г.)

Норма высева, млн/га (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
3	0	0,761	0,804	0,816	0,773
	N ₁₂ P ₅₂	0,936	0,958	1,033	1,024
4	0	0,795	0,815	0,816	0,826
	N ₁₂ P ₅₂	0,947	0,968	1,065	1,052
5	0	0,784	0,772	0,739	0,769
	N ₁₂ P ₅₂	0,956	0,958	0,946	0,958
6	0	0,751	0,750	0,729	0,740
	N ₁₂ P ₅₂	0,903	0,871	0,838	0,845

Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта (систематическое размещение делянок)

2020 г.

Градации факторов:

А	4
В	2
П	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия существ. (+), несуществ. (–)
					F _ф	F ₀₅	
Фактор А		0,1	3	0,02	16,35123	3,072467	+
Фактор В		0,2	1	0,25	236,8707	4,3247937	–
Взаимодействия АВ		0,0	3	0,00	2,5458703	3,072467	–
Повторения		0,0	3	0,01	0,6521275	3,072467	+
Остаток (ошибки)		0,0	21	0,00			
Общая		0,3	31				

Общее среднее – 0,8656

Ошибка средней	0,0162
Относительная ошибка средней, % –	1,8697
НСР (уровень значимости)	0,05
для частных различий –	0,0476
для фактора А –	0,0337
для фактора В –	0,0238

Приложение Ж.2. Урожайность семян льна при разных нормах высева, т/га (2021 г.)

Норма высева, млн/га (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
3	0	1,069	1,007	0,985	1,057
	N ₁₂ P ₅₂	1,088	1,083	0,995	1,066
4	0	1,150	1,163	1,167	1,177
	N ₁₂ P ₅₂	1,221	1,177	1,145	1,181
5	0	1,145	1,142	1,123	1,153
	N ₁₂ P ₅₂	1,222	1,120	1,133	1,172
6	0	1,109	1,121	1,128	1,142
	N ₁₂ P ₅₂	1,169	1,128	1,135	1,116

Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта (систематическое размещение делянок)

2021 г.

Градации факторов:

А	4
В	2
П	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия сущест. (+), несущест. (–)
					F _ф	F ₀₅	
Фактор А		0,1	3	0,02	16,35123035	3,072467	+
Фактор В		02	1	0,25	236,8706983	4,3247937	+
Взаимодействия АВ		0,0	3	0,00	2,545870335	3,072467	–
Повторения		0,0	3	0,00	0,652127472	3,072467	–
Остаток (ошибки)		0,0	21	0,00			
Общая		0,3	31				

Общее среднее – 0,8656

Ошибка средних	0,0162
Относительная ошибка средней, %–	1,8697
НСР (уровень значимости) 0,05	
для частных различий –	0,0476
для фактора А –	0,0337
для фактора В –	0,0238
для взаимодействия АВ –	–

Приложение Ж.3. Урожайность семян льна при разных нормах высева, т/га (2022 г.)

Норма высева, млн/га (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
3	0	0,986	0,986	1,040	1,013
	N ₁₂ P ₅₂	1,112	1,121	1,145	1,121
4	0	1,004	1,040	1,034	1,031
	N ₁₂ P ₅₂	1,130	1,193	1,215	1,118
5	0	0,915	0,993	0,881	0,920
	N ₁₂ P ₅₂	1,037	1,173	1,045	1,065
6	0	0,655	0,688	0,702	0,750
	N ₁₂ P ₅₂	0,942	1,038	1,005	1,011

Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта (систематическое размещение делянок)

2022 г.

Градации факторов:

А	4
В	2
П	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия существ. (+), несуществ. (-)
					F _ф	F ₀₅	
Фактор А		0,3	3	0,10	80,234887	3,072467	+
Фактор В		0,3	1	0,25	208,23362	4,3247937	+
Взаимодействия АВ		0,0	3	0,01	11,524348	3,072467	+
Повторения		0,0	3	0,00	3,6027475	3,072467	+
Остаток (ошибки)		0,0	21	0,00			
Общая		0,6	31				

Общее среднее – 1,0034

Ошибка средней	0,0174
Относительная ошибка средней, % –	1,7294
НСР (уровень значимости) 0,05	
для частных различий –	0,0510
для фактора А –	0,0361
для фактора В –	0,0255
для взаимодействия АВ –	0,0255

Приложение Ж.4. Урожайность семян льна при разных нормах высева, т/га (2023 г.)

Норма высева, млн/га (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
3	0	0,961	1,191	1,256	0,993
	N ₁₂ P ₅₂	0,996	1,249	1,261	1,225
4	0	1,007	1,212	1,414	1,284
	N ₁₂ P ₅₂	1,203	1,218	1,443	1,372
5	0	0,949	0,973	1,282	1,075
	N ₁₂ P ₅₂	1,161	1,146	1,220	1,289
6	0	0,920	0,958	1,277	1,035
	N ₁₂ P ₅₂	1,005	1,142	1,030	1,210

Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта (систематическое размещение делянок)

2023 г.

Градации факторов:

А	4
В	2
П	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия существ. (+), несуществ. (-)
					F _ф	F ₀₅	
Фактор А		0,2	3	0,05	6,7485816	3,072467	+
Фактор В		0,1	1	0,06	7,4136697	4,3247937	+
Взаимодействия АВ		0,0	3	0,00	0,3083614	3,072467	—
Повторения		0,3	3	0,09	10,586983	3,072467	+
Остаток (ошибки)		0,2	21	0,01			
Общая		0,7	31				

Общее среднее – 1,1549

Ошибка средней	0,0449
Относительная ошибка средней, % –	3,8874
НСР (уровень значимости) 0,05	
для частных различий –	0,1320
для фактора А –	0,0934
для фактора В –	0,0660
для взаимодействия АВ –	—

Приложение И.1. Полнота всходов льна в зависимости от уровня химизации, % (2021 г.)

Уровень химизации (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
Г	0	63,2	64,0	60,0	63,2
	N ₁₂ P ₅₂	64,0	60,0	60,8	64,0
ГА	0	64,0	60,8	60,8	64,0
	N ₁₂ P ₅₂	62,4	60,0	60,8	63,2
КХ ₁	0	64,0	63,2	60,8	64,0
	N ₁₂ P ₅₂	62,4	64,0	61,6	62,4
КХ ₂	0	64,8	62,4	60,0	63,2
	N ₁₂ P ₅₂	64,0	61,6	60,8	62,4

**Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта
(систематическое размещение делянок)**

2021 г.

Градации факторов:

А	4
В	2
П	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия существ. (+), несуществ. (-)
					F _φ	F ₀₅	
Фактор А		2,6	3	0,85	0,7320261	3,072467	—
Фактор В		2,0	1	2,00	1,7156863	4,3247937	—
Взаимодействия АВ		0,2	3	0,08	0,0686275	3,072467	—
Повторения		42,4	3	14,13	12,124183	3,072467	+
Остаток (ошибки)		24,5	21	1,17			
Общая		71,7	31				

Общее среднее – 62,4000

Ошибка средней 0,5398

Относительная ошибка средней, % – 0,8651

НСР (уровень значимости) 0,05

для частных различий - 1,5877

для фактора А – —

для фактора В – —

для взаимодействия АВ – —

Приложение И.2. Полнота всходов льна в зависимости от уровня химизации, % (2022 г.)

Уровень химизации (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
Г	0	73,6	72,8	72,0	74,4
	N ₁₂ P ₅₂	74,4	72,0	72,8	72,0
ГА	0	73,6	72,0	72,8	73,6
	N ₁₂ P ₅₂	72,0	71,2	72,0	72,8
КХ ₁	0	74,4	73,6	70,4	73,6
	N ₁₂ P ₅₂	73,6	72,8	71,2	72,0
КХ ₂	0	72,8	72,0	72,8	74,4
	N ₁₂ P ₅₂	72,0	71,2	72,0	74,4

**Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта
(систематическое размещение делянок)**

2022 г.

Градации факторов:

А	4
В	2
П	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия существ. (+), несуществ. (-)
					F _ф	F ₀₅	
Фактор А		1,0	3	0,34	0,3793836	3,072467	—
Фактор В		3,4	1	3,38	3,7715197	4,3247937	—
Взаимодействия АВ		0,4	3	0,13	0,141339	3,072467	—
Повторения		12,7	3	4,23	4,7236982	3,072467	+
Остаток (ошибки)		18,8	21	0,90			
Общая		36,3	31				

Общее среднее – 72,7250

Ошибка средней	0,4733
Относительная ошибка средней, % –	0,6509
НСР (уровень значимости)	0,05
для частных различий –	1,3921
для фактора А –	—
для фактора В –	—
для взаимодействия АВ –	—

Приложение И.3. Полнота всходов льна в зависимости от уровня химизации, % (2023 г.)

Уровень химизации (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
Г	0	64,0	65,6	63,2	63,2
	N ₁₂ P ₅₂	60,0	62,4	60,8	61,6
ГА	0	62,4	64,0	64,8	64,8
	N ₁₂ P ₅₂	60,8	62,4	61,6	62,4
КХ ₁	0	67,2	68,8	67,2	65,6
	N ₁₂ P ₅₂	68,0	68,0	64,0	64,0
КХ ₂	0	68,0	69,6	67,2	64,0
	N ₁₂ P ₅₂	68,0	66,6	65,6	63,2

**Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта
(систематическое размещение делянок)**

2023 г.

Градации факторов:

<i>A</i>	4
<i>B</i>	2
<i>П</i>	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия существ. (+), несуществ. (-)
					F _φ	F ₀₅	
Фактор А		116,7	3	38,89	20,577561	3,072467	+
Фактор В		28,5	1	28,50	15,081451	4,3247937	+
Взаимодействия АВ		3,4	3	1,13	0,5968377	3,072467	–
Повторения		23,0	3	7,66	4,0539545	3,072467	+
Остаток (ошибки)		39,7	21	1,89			
Общая		211,2	31				

Общее среднее – 64,6563

Ошибка средней 0,6874

Относительная ошибка средней, % – 1,0631

НСР (уровень значимости) 0,05

для частных различий

– 2,0215

для фактора А – 1,4294

для фактора В – 1,0108

для взаимодействия АВ – –

Приложение К.1. Выживаемость растений льна в зависимости от уровня химизации, % (2021 г.)

Уровень химизации (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
Г	0	48,8	48,8	48,0	49,6
	N ₁₂ P ₅₂	49,6	48,0	47,2	48,0
ГА	0	49,6	48,0	46,4	50,4
	N ₁₂ P ₅₂	48,0	47,2	48,0	48,0
КХ ₁	0	47,2	48,0	46,4	48,0
	N ₁₂ P ₅₂	46,4	47,2	46,4	46,4
КХ ₂	0	45,6	46,4	47,2	48,0
	N ₁₂ P ₅₂	44,8	45,6	46,4	47,2

Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта (систематическое размещение делянок)

2021 г.

Градации факторов:

А	4
В	2
П	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия сущест. (+), несущест. (-)
					F _ф	F ₀₅	
Фактор А		23,6	3	7,86	9,7668639	3,072467	+
Фактор В		4,5	1	4,50	5,591716	4,3247937	+
Взаимодействия АВ		0,1	3	0,02	0,0248521	3,072467	–
Повторения		6,0	3	1,99	2,4769231	3,072467	–
Остаток (ошибки)		16,9	21	0,80			
Общая		51,0	31				

Общее среднее – 47,5250

Ошибка средней	0,4485
Относительная ошибка средней, % –	0,9438
НСР (уровень значимости)	0,05
для частных различий –	1,3192
для фактора А –	0,9328
для фактора В –	0,6596
для взаимодействия АВ –	–

Приложение К.2. Выживаемость растений льна в зависимости от уровня химизации, % (2022 г.)

Уровень химизации (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
Г	0	53,6	54,4	60,0	55,2
	N ₁₂ P ₅₂	52,8	53,6	60,0	56,0
ГА	0	52,8	53,6	60,0	57,6
	N ₁₂ P ₅₂	53,6	52,8	58,4	56,8
КХ ₁	0	54,4	53,6	60,0	54,4
	N ₁₂ P ₅₂	53,6	52,8	58,4	53,6
КХ ₂	0	52,8	53,6	60,0	56,0
	N ₁₂ P ₅₂	53,6	52,8	58,4	55,2

Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта (систематическое размещение делянок)

2022 г.

Градации факторов:

А	4
В	2
П	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия сущест. (+), несущест. (–)
					F _ф	F ₀₅	
Фактор А		2,2	3	0,72	1	3,072467	–
Фактор В		2,9	1	2,88	4	4,3247937	–
Взаимодействия АВ		0,6	3	0,21	0,2962963	3,072467	–
Повторения		192,2	3	64,08	89	3,072467	+
Остаток (ошибки)		15,1	21	0,72			
Общая		213,0	31				

Общее среднее - 55,4500

Ошибка средней 0,4243

Относительная ошибка средней, % – 0,7651

НСР (уровень значимости) 0,05

для частных различий – 1,2478

для фактора А – –

для фактора В – –

для взаимодействия АВ – –

Приложение К.3. Выживаемость растений льна в зависимости от уровня химизации, % (2023 г.)

Уровень химизации (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
Г	0	43,2	45,6	44,8	44,0
	N ₁₂ P ₅₂	43,2	44,0	43,2	43,2
ГА	0	44,8	44,8	44,8	43,2
	N ₁₂ P ₅₂	44,0	44,0	44,0	44,0
КХ ₁	0	44,8	44,0	44,8	44,8
	N ₁₂ P ₅₂	44,0	44,0	44,0	44,8
КХ ₂	0	44,0	44,8	43,2	44,0
	N ₁₂ P ₅₂	44,8	44,8	44,0	43,2

**Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта
(систематическое размещение делянок)**

2023 г.

Градации факторов:

<i>A</i>	4
<i>B</i>	2
<i>П</i>	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия сущест. (+), несущест. (–)
					<i>F_ф</i>	<i>F₀₅</i>	
Фактор А		1,0	3	0,35	0,9009901	3,072467	–
Фактор В		1,3	1	1,28	3,3267327	4,3247937	–
Взаимодействия АВ		1,4	3	0,48	1,2475248	3,072467	–
Повторения		1,5	3	0,51	1,3168317	3,072467	–
Остаток (ошибки)		8,1	21	0,38			
Общая		13,4	31				

Общее среднее – 44,1500

Ошибка средней 0,3101

Относительная ошибка средней, % – 0,7025

НСР (уровень значимости) 0,05

для частных различий – 0,9121

для фактора А – –

для фактора В – –

для взаимодействия АВ – –

Приложение Л.1. Урожайность льна при различных уровнях химизации, т/га (2021 г.)

Уровень химизации (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
Г	0	0,930	0,900	0,960	0,920
	N ₁₂ P ₅₂	0,970	1,010	1,000	1,100
ГА	0	1,010	0,950	1,040	1,010
	N ₁₂ P ₅₂	1,030	1,080	1,120	1,130
КХ ₁	0	1,100	1,020	1,100	1,060
	N ₁₂ P ₅₂	1,190	1,120	1,160	1,100
КХ ₂	0	1,150	1,000	1,030	1,200
	N ₁₂ P ₅₂	1,300	1,340	1,250	1,270

Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта (систематическое размещение делянок)

2021 г.

Градации факторов:

А	4
В	2
П	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F - значение		Различия сущест. (+), несущест. (–)
					F _ф	F ₀₅	
Фактор А		0,2	3	0,07	26,819174	3,072467	+
Фактор В		0,1	1	0,10	39,072121	4,3247937	+
Взаимодействия АВ		0,0	3	0,01	2,4531096	3,072467	–
Повторения		0,0	3	0,00	1,1848905	3,072467	–
Остаток (ошибки)		0,1	21	0,00			
Общая		0,4	31				

Общее среднее – 1,0797

Ошибка средних	0,0253
Относительная ошибка средних, % –	2,3443
НСР (уровень значимости)	0,05
для частных различий –	0,0744
для фактора А –	0,0526
для фактора В –	0,0372
для взаимодействия АВ –	–

Приложение Л.2. Урожайность льна при различных уровнях химизации, т/га (2022 г.)

Уровень химизации (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
Г	0	0,907	0,907	0,951	0,879
	N ₁₂ P ₅₂	0,972	0,998	0,991	0,932
ГА	0	0,921	0,934	0,978	0,929
	N ₁₂ P ₅₂	1,014	0,988	0,998	1,017
КХ ₁	0	0,969	1,060	0,989	0,955
	N ₁₂ P ₅₂	1,066	1,042	1,032	1,076
КХ ₂	0	1,041	1,095	1,120	1,122
	N ₁₂ P ₅₂	1,221	1,121	1,145	1,121

Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта (систематическое размещение делянок)

2022 г.

Градации факторов:

А	4
В	2
П	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия существ. (+), несуществ. (–)
					F _ф	F ₀₅	
Фактор А		0,2	3	0,05	43,010248	3,072467	+
Фактор В		0,0	1	0,03	25,429017	4,3247937	+
Взаимодействия АВ		0,0	3	0,00	0,0121747	3,072467	–
Повторения		0,0	3	0,00	0,5559936	3,072467	–
Остаток (ошибки)		0,0	21	0,00			
Общая		0,2	31				

Общее среднее – 1,0153

Ошибка средних	0,0171
Относительная ошибка средних, % –	1,6866
НСР (уровень значимости)	0,05
для частных различий –	0,0504
для фактора А –	0,0356
для фактора В –	0,0252
для взаимодействия АВ –	–

Приложение Л.3. Урожайность льна при различных уровнях химизации, т/га (2023 г.)

Уровень химизации (А)	Фон удобрения (В)	Повторность			
		1	2	3	4
Г	0	0,860	0,949	0,977	0,873
	N ₁₂ P ₅₂	0,918	0,959	1,033	1,007
ГА	0	0,856	0,961	1,072	0,991
	N ₁₂ P ₅₂	0,980	0,997	1,099	1,096
КХ ₁	0	1,003	1,261	1,218	1,134
	N ₁₂ P ₅₂	1,136	1,300	1,242	1,221
КХ ₂	0	0,975	1,170	1,185	1,135
	N ₁₂ P ₅₂	1,155	1,263	1,192	1,139

Результаты дисперсионного анализа 2-факторного опыта (систематическое размещение делянок)

2023 г.

Градации факторов:

А	4
В	2
П	4

Источник вариации		Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F-значение		Различия существ. (+), несуществ. (–)
					F _ф	F ₀₅	
Фактор А		0,3	3	0,11	46,03394	3,072467	+
Фактор В		0,0	1	0,04	16,809638	4,3247937	+
Взаимодействия АВ		0,0	3	0,00	0,0116897	3,072467	–
Повторения		0,1	3	0,03	13,579802	3,072467	+
Остаток (ошибки)		0,0	21	0,00			
Общая		0,5	31				

Общее среднее – 1,0737

Ошибка средних 0,0241

Относительная ошибка средних, % – 2,2429

НСР (уровень значимости) 0,05

для частных различий – 0,0708

для фактора А – 0,0501

для фактора В – 0,0354

для взаимодействия АВ – –

**Приложение М.1. Засоренность посевов льна масличного в зависимости
от нормы высева (2020 г.)**

Норма высева, млн/га	Лён		Сорняки		Доля сорняков в агрофитоценозе, %
	шт. /м ²	г/м ²	шт. /м ²	г/м ²	
Без удобрений					
3	183	564	25	50,5	8,2
4	209	854	15	57,4	6,3
5	239	682	13	44,6	6,1
6	285	658	11	40,5	5,8
Среднее	229	682,5	16,0	48,2	6,6
N ₁₂ P ₅₂					
3	180	575	24	63,5	9,9
4	210	894	16	66,6	6,9
5	238	780	14	54,5	6,5
6	284	708	12	45,4	6,0
Среднее	228	739,2	16,5	57,5	7,3

**Приложение М.2. Засоренность посевов льна масличного в зависимости
от нормы высева (2021 г.)**

Норма высева, млн/га	Лён		Сорняки		Доля сорняков в агрофитоценозе, %
	шт. /м²	г/м²	шт. /м²	г/м²	
Без удобрений					
3	185	634	14,2	52,5	7,6
4	212	954	13,0	69,0	6,7
5	243	689	16,8	43,8	6,0
6	290	768	14,5	44,8	5,5
Среднее	232,5	761,2	14,6	52,5	6,45
N ₁₂ P ₅₂					
3	191	740	11,5	65,0	8,1
4	218	800	12,0	62,5	7,2
5	241	965	4,3	66,2	6,4
6	292	926	9,2	61,0	6,2
Среднее	235,5	882,8	9,2	61,2	6,6

**Приложение М.3. Засоренность посевов льна масличного в зависимости
от нормы высева (2022 г.)**

Норма высева, млн/га	Лён		Сорняки		Доля сорняков в агрофитоценозе, %
	шт. /м ²	г/м ²	шт. /м ²	г/м ²	
Без удобрений					
3	214	766	26	85	10,0
4	282	877	16	69	7,3
5	310	965	13	57	5,6
6	325	1046	9	31	2,9
Среднее	283	914	16	60,5	6,45
N ₁₂ P ₅₂					
3	212	806	18	85	9,5
4	281	998	17	78	7,2
5	308	1250	9	52	4,0
6	326	1375	7	40	2,9
Среднее	282	1107	12,8	61,2	5,7

**Приложение М.4. Засоренность посевов льна масличного в зависимости
от нормы высева (2023 г.)**

Норма высева, млн/га	Лён		Сорняки		Доля сорняков в агрофитоценозе, %
	шт. /м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²	
Без удобрений					
3	156	595	22	55	8,46
4	206	780	20	65	7,69
5	249	665	18	50	6,99
6	252	640	16	45	6,57
Среднее	215,8	670	19,0	53,6	7,43
N ₁₂ P ₅₂					
3	152	670	23	65	8,84
4	198	795	21	75	8,62
5	247	680	19	55	8,09
6	248	690	17	60	8,00
Среднее	211,2	708,8	20,0	63,8	8,39

Приложение Н.1. Всходы льна масличного, шт./м², 2020 г.

Норма высева, млн/га	Повторность				Среднее
	1	2	3	4	
Без удобрений					
3	256	224	248	256	246
4	308	312	300	312	308
5	376	372	360	388	374
6	440	440	460	460	450
N ₁₂ P ₅₂					
3	260	220	256	240	244
4	300	308	304	312	306
5	380	376	368	364	372
6	432	444	456	452	446

Приложение Н.2. Всходы льна масличного, шт./м², 2021 г.

Норма высева, млн/га	Повторность				Среднее
	1	2	3	4	
Без удобрений					
3	244	246	240	248	245
4	312	320	300	320	313
5	384	392	380	380	384
6	460	480	448	452	460
N ₁₂ P ₅₂					
3	248	256	240	252	249
4	320	328	300	320	317
5	388	384	376	396	386
6	472	472	452	440	459

Приложение Н.3. Всходы льна масличного, шт./м², 2022 г.


Норма высева, млн/га	Повторность				Среднее
	1	2	3	4	
Без удобрений					
3	280	284	300	256	280
4	376	368	360	396	375
5	416	448	400	400	416
6	460	452	464	468	461
N ₁₂ P ₅₂					
3	284	280	284	276	281
4	380	384	372	360	374
5	408	400	440	412	415
6	468	456	472	440	459

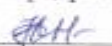
Приложение Н.4. Всходы льна масличного, шт./м², 2023 г.

Норма высева, млн/га	Повторность				Среднее
	1	2	3	4	
Без удобрений					
3	272	296	288	284	285
4	372	384	376	380	378
5	420	412	424	416	418
6	460	468	464	460	463
N ₁₂ P ₅₂					
3	276	300	288	280	284
4	376	380	376	376	377
5	412	416	420	420	417
6	460	464	468	464	464

Акт
внедрения научно-технической разработки

20 января 2024 г.

1. Разработчик: ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»
2. Наименование разработки: «Оптимизация технологии возделывания льна масличного в степи Западной Сибири».
3. Название хозяйства: КФХ Лебедь С.А Одесского района Омской области.
4. Срок освоения разработки: 2023 г.
5. Результаты внедрения: объем внедрения 35 га. Срок посева – 25 мая, норма высева 4 млн.всх.семян на 1 га, комплексная химизация: Гербициды + Альбит + Изагри Азот – 2 л/га в фазу ёлочка и Изагри Фосфор – 2 л/га в фазу бутонизации. Урожайность семян льна масличного составила в среднем 1,115 – 1,135 т/га.
6. Условия проведения внедрения: степная зона Западной Сибири.
7. Ответственный исполнитель: Орлов Артём Александрович, аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства Омского ГАУ 

Представитель научного учреждения: канд. с.-х. наук, доцент Некрасова Е.В., заведующий кафедрой агрономии, селекции и семеноводства агротехнологического факультета 

Директор КФХ Лебедь С.А



Лебедь С.А


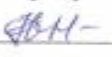
Проректор по научной работе,
ФГБОУ ВО «Омский ГАУ»



Новиков Ю.И.

Акт
внедрения научно-технической разработки

20 января 2024 г.

1. Разработчик: ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»
 2. Наименование разработки: «Оптимизация технологии возделывания льна масличного в степи Западной Сибири».
 3. Название хозяйства: ООО Шохин Одесского района Омской области.
 4. Срок освоения разработки: 2023 г.
 5. Результаты внедрения: объем внедрения 70 га. Срок посева – 29 мая, норма высева 4 млн. всх. семян на 1 га, комплексная химизация: Гербициды + Альбит + Изагри Азот – 2 л/га в фазу ёлочка и Изагри Фосфор – 2 л/га в фазу бутонизации. Урожайность семян льна масличного составила в среднем 1,105 – 1,150 т/га.
 6. Условия проведения внедрения: степная зона Западной Сибири.
 7. Ответственный исполнитель: Орлов Артём Александрович, аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства Омского ГАУ 
- Представитель научного учреждения: канд. с.-х. наук, доцент Некрасова Е.В., заведующий кафедрой агрономии, селекции и семеноводства агротехнологического факультета 

Директор ООО Шохин

Проректор по научной работе,
ФГБОУ ВО «Омский ГАУ»



Шохин С.В.



Новиков Ю.И.