

На правах рукописи



Орлов Артём Александрович

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В СТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Специальность 4.1.1 – Общее земледелие и растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Улан-Удэ 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Рендов Николай Александрович

Официальные оппоненты: **Виноградов Дмитрий Валериевич**, доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», заведующий кафедрой агрономии и защиты растений

Першаков Анатолий Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный университет», доцент кафедры биотехнологии и селекции в растениеводстве им. Ю.П. Логинова

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр Всероссийского НИИ масличных культур имени В.С. Пустовойта»

Защита диссертации состоится «25» февраля 2026 года на заседании диссертационного совета 35.2.042.01 при ФБГОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова» по адресу: 670024, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, д. 8, тел. +7(3012)-44-22-61, e-mail: diss_sovet@bgsha.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФБГОУ ВО Бурятская ГСХА имени В.Р. Филиппова <http://www.bgsha.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент



Соболев Виктор Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 (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. лён масличный выращивался на площади 2,76 млн га (Linseed ..., 2019).

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 качество 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: «Результаты современных научных исследований и разработок» (г. Пенза, ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, 23 ноября 2021 г.); «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, 29 приложений. 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 Николаю Александровичу за руководство и всестороннюю помощь в подготовке диссертационной работы. Искренняя признательность за активное содействие профессорско-преподавательскому составу кафедры агрономии, селекции и семеноводства Омского ГАУ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Введение. Обоснована актуальность научных исследований.

1. Состояние изученности вопросов биологии и технологии возделывания льна масличного (Обзор литературы)

Представлена информация из литературных источников по вопросам биологии и технологии возделывания льна масличного в мире, стране и регионе Западной Сибири.

2. Условия, объекты и методика проведения исследований

Исследования проведены в 2020–2023 гг. на полях КФХ «Орлов А.М.» Одесского района Омской области, расположенного в степной зоне. Почва опытных участков – чернозем обыкновенный среднесуглинистый малогумусовый тяжелосуглинистый. Посевы льна располагались в севообороте: горох – пшеница – пшеница – лён – пшеница – ячмень.

Погодные условия за годы опытов охарактеризованы как очень засушливые. ГТК при норме 0,85 в 2020 г. составил 0,38, а в 2020, 2021 и 2023 г. – 0,53.

Объекты исследований: лён масличный сорта Северный, гербициды: Агритокс ВК, Легион КЭ, препарат регулятор роста Альбит ТПС, удобрение Аммофос ($N_{12}P_{52}$), Лигногумат, Изагри Бор, Изагри Азот, Изагри Фосфор.

Выполнены следующие опыты:

1. Срок посева льна масличного: 15 и 25 мая.
2. Расход рабочей жидкости при обработке посевов льна гербицидами: 50; 100; 200 л/га.
3. Нормы высева льна: 3; 4; 5; 6 млн всхожих семян на 1 га.
4. Средства химизации на посевах льна:
 - гербициды (Г): Агритокс, ВК – 1,0 л/га + Легион, КЭ – 0,4 л/га в фазу «ёлочки»;
 - гербициды + альбит ТПС – 30 мл/га (ГА);
 - комплексная химизация (КХ₁): гербициды + Лигногумат – 100 г/га в фазу «ёлочки» и Изагри Бор – 0,5 л/га в фазу бутонизации;
 - комплексная химизация (КХ₂): гербициды + альбит + Изагри Азот – 2 л/га в фазу «ёлочки» и Изагри Фосфор – 2 л/га в фазу бутонизации.

Все опыты закладывались на двух фонах минерального питания: 1 – без удобрений; 2 – аммофос ($N_{12}P_{52}$) при посеве льна.

Повторность в опытах четырехкратная, площадь делянок – 60 м² (2х30). Посев проводили посевным комплексом Horsh Turbosem с дисковыми сошниками на глубину 4 см.

3. Эффективность сроков посева льна масличного

В 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. При втором сроке в 2021 г. отмечено удовлетворительное содержание влаги (102,4–113,8 мм) и в 2022 г. – хорошее (135,0–136,4 мм). К уборке урожая льна различия по запасам влаги между сроками посева уже не наблюдали. Колебания по вариантам и годам – в пределах 37,8–68,8 мм.

Полнота всходов при первом сроке посева колебалась в среднем по годам от 58,3 до 60,0% и на втором – от 78,3 до 79,0% (таблица 1). Преимущество более позднего посева сохранялось и в выживаемости растений. При более позднем сроке посева увеличение массы растений льна сопровождалось и ростом массы сорняков, но в целом их доля в надземной массе агрофитоценоза снижалась. Следует отметить увеличение доли сорняков на фоне аммофоса, хотя изменения были минимальными.

Таблица 1 – Развитие растений в зависимости от срока посева и уровня химизации (среднее за 2020–2022 гг.)

Срок посева	Уровень химизации	Полнота всходов, %	Выживаемость, %	Доля сорняков, %
15 мая	Г	58,3	46,8	9,25
	ГУ	58,8	49,1	9,29
	КХ ₁	59,7	52,1	8,70
	КХ ₁ У	60,0	54,4	8,80
25 мая	Г	78,3	60,7	7,06
	ГУ	78,3	61,0	7,16
	КХ ₁	78,9	62,6	6,82
	КХ ₁ У	79,0	63,8	7,07

Очевидное преимущество в развитии растений льна при посевах в третьей декаде мая – в урожайности семян (таблица 2). Различия во все годы исследований были существенными при всех уровнях химизации.

Таблица 2 – Урожайность семян льна масличного в зависимости от срока посева и фона химизации, т/га

Срок посева (А)	Фон химизации (В)	Годы (С)			Среднее
		2020	2021	2022	
15 мая	Г	0,520	0,290	0,426	0,412
	ГУ	0,780	0,430	0,467	0,559
	КХ ₁	0,760	0,560	0,545	0,622
	КХ ₁ У	0,840	0,740	0,636	0,739
25 мая	Г	0,771	0,922	0,911	0,868
	ГУ	0,809	1,016	0,973	0,933
	КХ ₁	0,836	1,097	1,095	1,009
	КХ ₁ У	0,875	1,287	1,152	1,105

НСР₀₅ фактор А – 0,023, В – 0,033, С – 0,080

В конечном счете это нашло отражение и в экономических показателях (таблица 3). Если прямые затраты на 1 га при посеве 25 мая возрастали всего на 294–327 руб., то себестоимость 1 т семян снижалась на 6717–12 784 руб. В итоге максимальный уровень рентабельности – 197,0% сформировался при комплексной химизации.

Близкие результаты и от применения только гербицидов – 179,9%. Применение аммофоса в острозасушливых условиях во все годы опыта приводило к снижению уровня рентабельности до 109,1–131,8%, хотя это тоже высокие показатели.

Таблица 3 – Экономическая эффективность возделывания льна масличного при разных сроках посева (среднее за 2020–2022 гг.)

Показатель	Срок посева	Гербициды		Комплексная химизация	
		без удобрения	N ₁₂ P ₅₂	без удобрения	N ₁₂ P ₅₂
Урожайность семян, т/га	15 мая	0,412	0,559	0,622	0,739
	25 мая	0,868	0,993	1,009	1,105
Прямые затраты, руб./га	15 мая	10 318	15 021	11 368	16 065
	25 мая	10 645	15 315	11 664	16 368
Себестоимость 1 т семян, руб.	15 мая	25 048	26 870	18 277	21 739
	25 мая	12 264	16 414	11 560	14 813
Стоимость продукции с 1 га, руб.	15 мая	14 143	19 190	21 353	25 369
	25 мая	29 798	32 029	34 638	37 934
Условно чистый доход с 1 га, руб.	15 мая	3826	4170	9985	9305
	25 мая	19 154	16 715	22 974	21 567
Уровень рентабельности, %	15 мая	37,1	27,8	87,8	57,9
	25 мая	179,9	109,1	197,0	131,8

При посеве 15 мая экономическая эффективность средств химизации значительно уступала результатам более позднего срока, но даже при таком уровне урожайности их применение было выгодным. Уровень рентабельности составлял 27,8–87,8%.

4. Определение оптимального расхода рабочей жидкости при обработке гербицидами посевов льна масличного

Посев льна нормой 5 млн всхожих семян на 1 га проводили 20–25 мая. Полнота всходов льна была на уровне 78,0–78,7% (таблица 4). При дефиците осадков в вегетационные периоды выживаемость растений льна возрастала при увеличении расхода воды с 50 до 200 л/га на 3,5% по неудобренному фону и на 6,3% при посевном внесении аммофоса.

Таблица 4 – Развитие растений льна в зависимости от расхода рабочей жидкости (среднее за 2020–2022 гг.)

Расход рабочей жидкости, л/га	Фон удобрений	Полнота всходов, %	Выживаемость, %	Масса растений, г/м ²		Доля сорняков, %
				лён	сорняки	
50	0	78,3	52,0	591,0	49,8	7,77
	N ₁₂ P ₅₂	78,0	50,9	672,0	56,6	7,79
100	0	78,0	54,3	661,3	73,2	6,13
	N ₁₂ P ₅₂	78,0	54,4	701,7	51,6	6,85
200	0	78,7	55,5	708,0	40,4	5,40
	N ₁₂ P ₅₂	78,1	57,2	726,0	50,0	6,44

При росте расхода рабочей жидкости возрастала масса растений льна и уменьшалась масса сорняков, это снижало долю сорного компонента в агрофитоценозе.

Изменения структуры надземной массы растений нашли отражения в урожайности семян льна. В среднем за 3 года на неудобренном фоне она возрастала по мере увеличения расхода рабочей жидкости: с 0,893 до 1,014 т/га, а на фоне аммофоса – с 0,969 до 1,112 т/га (таблица 5).

Таблица 5 – Экономическая эффективность расхода рабочей жидкости (среднее за 2020–2022 гг.)

Показатель	Без удобрений			N ₁₂ P ₅₂		
	50 л/га	100 л/га	200 л/га	50 л/га	100 л/га	200 л/га
Урожайность семян, т/га	0,893	0,939	1,014	0,969	1,044	1,112
Прямые затраты, руб./га	10 646	10 666	10 706	15 535	15 355	15 395
Себестоимость 1 т семян, руб.	11 922	11 352	10 559	15 825	14 708	13 844
Стоимость продукции с 1 га, руб.	30 656	32 235	34 810	32 265	35 840	38 175
Условно чистый доход с 1 га, руб.	20 010	21 569	24 104	17 930	20 485	22 779
Уровень рентабельности, %	188,0	202,2	225,1	116,9	133,4	148,0

При минимальном увеличении прямых затрат на 1 га (рост: расхода воды при опрыскивании, стоимости продукции) уровень рентабельности на неудобренном фоне возрастал со 188,0 до 225,0%. При использовании аммофоса уровень рентабельности снижался до 116,9–148,0%, но также достигал максимума при расходе рабочей жидкости в 200 л/га.

5. Определение оптимальной нормы высева льна масличного

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

В острозасушливых условиях увеличение нормы высева приводило к снижению полноты всходов, сохраняемости и выживаемости льна (таблица 6). Доля же сорняков в агрофитоценозе снижалась по мере увеличения нормы высева.

Таблица 6 – Условия формирования урожая льна масличного при разных нормах высева (среднее за 2020–2023 гг.)

Фон удобрений	Норма высева, млн/га	Полнота всходов, %	Сохраняемость, %	Выживаемость, %	Доля сорняков, %
Без удобрений	3	88,0	72,7	63,5	8,58
	4	85,8	68,8	58,7	7,00
	5	79,6	68,3	54,4	6,18
	6	76,4	65,8	50,3	5,20
N ₁₂ P ₅₂	3	88,2	71,2	62,4	9,08
	4	86,0	68,4	58,3	7,48
	5	79,5	67,9	54,0	6,25
	6	76,2	65,4	49,8	5,78

Урожайность семян льна возрастала только при увеличении нормы высева с 3 до 4 млн всхожих семян на 1 га (таблица 7). Дальнейшее увеличение высева семян приводило к снижению урожайности. Хотя в зонах с более благоприятным увлажнением рост урожайности отмечен до восьми и более млн всхожих семян на 1 га (Гайнуллин Ф.М., 2008; Виноградов Д.В., 2010; Лошкомойников И.А., 2019; Першаков А.Д., 2022).

Таблица 7 – 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		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	1,051	1,198	1,094
НСР ₀₅	0,048	0,029	0,051	0,014	

По мере увеличения нормы высева прямые затраты возрастали на неудобренном фоне с 7713 до 8629 руб./га (таблица 8).

Таблица 8 – Экономическая эффективность норм высева льна масличного (среднее за 2020–2023 гг.)

Норма высева, млн/га	Фон удобрений	Прямые затраты, руб./га	Себестоимость 1 т семян, руб.	Стоимость продукции с 1 га, руб.	Условно чистый доход с 1 га, руб.	Уровень рентабельности, %
3	0	7713	7862	29 430	21 717	281,6
	N ₁₂ P ₅₂	13 479	12 400	32 610	19 131	141,9
4	0	8080	7637	31 740	23 660	292,8
	N ₁₂ P ₅₂	13 874	11 909	34 950	21 076	151,9
5	0	8363	8569	29 280	20 917	250,1
	N ₁₂ P ₅₂	14 117	12 822	33 030	18 913	134,0
6	0	8629	9556	27 090	18 461	213,9
	N ₁₂ P ₅₂	14 415	14 077	30 720	16 305	113,1

Значительно увеличивались затраты при внесении аммофоса. Отсюда и рост себестоимости 1 т семян. Оптимальные показатели стоимости продукции, условно чистого дохода отмечены при высеве 4 млн всхожих семян на 1 га. Уровень рентабельности был выше на неудобренном фоне с максимальной величиной при высеве 4 млн – 292,8%. На фоне аммофоса показатели были ниже, но тоже с максимумом при высеве 4 млн/га – 151,9%. Как уменьшение, так и увеличение нормы высева от 4 млн/га приводило к снижению эффективности возделывания льна масличного.

6. Эффективность применения средств химизации на посевах льна масличного

6.1. Водный режим почвы и водопотребление льна масличного

Наблюдения за водным режимом почвы проводили в вариантах: гербициды (Г) и комплексная химизация (КХ₂) по двум фонам – без удобрений и с внесением аммофоса (N₁₂P₅₂) при посеве.

В среднем за 3 года при посеве не наблюдалось различий между вариантами по запасам продуктивной влаги как для верхнего десятисантиметрового слоя (11,4–12,9 мм), так и метрового (114,0–115,3 мм). При уборке урожая наибольшее иссушение почвы зафиксировано в 2022 г. – в метровом слое – 30,6–38,3 мм, а в 2023 г. – 93,1–97,3 мм.

При сумме осадков за вегетационный период в среднем 103,1 мм и

урожайности семян льна в варианте с применением гербицидов 0,919 т/га коэффициент водопотребления составил 1659 (таблица 9). 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 94 т, а при комплексной химизации – на 99 т.

Таблица 9 – 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		
Г	0	1140	646	0,919	1659
	N ₁₂ P ₅₂	1142	622	0,991	1565
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

6.2. Питательный режим почвы

Внесение аммофоса (N₁₂P₅₂) при посеве льна слабо повлияло на содержание как нитратного азота, так и подвижного фосфора в почве.

6.3. Состав микрофлоры и биологическая активность почвы

В засушливых условиях 2021–2023 гг. степень разложения целлюлозы была низкой – колебалась в пределах 7,24–10,90%. Различия между вариантами минимальные – 0,03–0,09%.

В 2021 и 2022 гг. на фоне гербицидов (Г) и комплексной химизации (КХ₂У) через 30 суток после их применения доминирующее положение среди почвенных микроорганизмов занимали олигонитрофилы. На второй позиции – фосфатмобилизирующие микроорганизмы. Увеличение применяемых средств химизации не снижало их величину. 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 0,57 и 0,86.

Отметим положительный факт: при комплексной химизации наблюдалось увеличение целлюлозоразрушающих микроорганизмов, нитрификаторов и грибов. В целом применение средств комплексной химизации не оказывало негативного влияния на микрофлору почвы.

6.4. Засоренность посевов льна масличного

Учет засоренности посевов проводили перед уборкой урожая. В среднем за 3 года отмечалось усиление развития растений льна от использования средств химизации (таблица 10). Максимальные величины зафиксированы при комплексных химизациях. При этом наблюдалось и положительное влияние аммофоса. Однако и сорные растения увеличивали свою массу, хотя и в меньшей степени, чем растения льна. Доля сорняков в агрофитоценозе льна масличного снижалась по мере увеличения применяемых средств химизации на удобренном фоне с 8,68 до 6,77% и с 8,84 до 7,39 на фоне аммофоса.

Таблица 10 – Засоренность посевов льна масличного (среднее за 2021–2023 гг.)

Средства химизации	Фон удобрения	Масса растений, г/м ²		Доля сорняков в агрофитоценозе, %
		лён	сорняки	
Г	0	706,3	67,5	8,68
	N ₁₂ P ₅₂	754,0	73,3	8,84
ГА	0	740,3	67,3	8,23
	N ₁₂ P ₅₂	767,0	72,7	8,62
КХ ₁	0	855,7	71,1	7,62
	N ₁₂ P ₅₂	970,0	83,8	7,94
КХ ₂	0	952,7	69,1	6,77
	N ₁₂ P ₅₂	993,7	79,7	7,39

В целом уровень доли сорняков в агрофитоценозе при использовании средств химизации удерживался в пределах 10%, соответствуя слабой степени засорения (Милащенко Н.З., 1981).

6.5. Урожайность семян льна масличного

Формирование урожая начинается с числа взошедших растений. В засушливых условиях полнота всходов льна в среднем за 3 года в вариантах колебалась в пределах 65,1–67,7%. Повлиять на этот показатель мог только внесенный при посеве аммофос. Однако снижение было минимальным – 0,6–1,4% (таблица 11).

Таблица 11 – Формирование урожая льна масличного (среднее за 2021–2023 гг.)

Показатель	Фон удобрений	Г	ГА	КХ ₁	КХ ₂
Полнота всходов, %	0	66,6	66,5	67,7	67,4
	N ₁₂ P ₅₂	65,4	65,1	67,0	66,8
Выживаемость, %	0	49,7	49,7	49,2	48,8
	N ₁₂ P ₅₂	49,1	49,1	48,5	48,4

В течение вегетации на растения льна могли оказать влияние уже все средства химизации. Дефицит влаги за вегетационные периоды 2021–2023 гг.

обусловил ее низкие показатели. В среднем за 3 года выживаемость ниже 50%.

Анализ структуры урожая льна масличного показал, что средства химизации оказали влияние на все показатели (таблица 12).

Несмотря на засушливые условия во все годы опытов, внесение при посеве аммофоса положительно повлияло на показатели структуры урожая льна, вплоть до увеличения массы 1000 семян.

Таблица 12 – Структура урожая льна масличного (среднее за 2021–2023 гг.)

Показатель	Фон удобрений	Г	ГА	КХ ₁	КХ ₂
Высота растений, см	0	38,04	38,46	40,53	40,90
	N ₁₂ P ₅₂	40,52	40,60	42,92	43,77
Число стеблей на растении, шт.	0	2,67	2,95	2,98	3,07
	N ₁₂ P ₅₂	2,90	3,23	3,37	3,37
Число коробочек на растении, шт.	0	21,10	21,10	22,50	23,20
	N ₁₂ P ₅₂	21,80	22,60	24,70	25,30
Число семян на растении, шт.	0	118,20	119,70	127,20	130,10
	N ₁₂ P ₅₂	122,00	124,20	132,20	131,50
Масса семян на растении, г	0	0,76	0,78	0,87	0,91
	N ₁₂ P ₅₂	0,81	0,84	1,00	0,98
Масса 1000 семян, г	0	6,47	6,56	6,84	7,04
	N ₁₂ P ₅₂	6,67	6,83	7,47	7,48

При недостаточном увлажнении вегетационных периодов с 1 га на фоне гербицидов получали менее 1 т семян (таблица 13). Использование аммофоса приводило к существенному повышению урожайности только в 2 года из трех.

Таблица 13 – Урожайность семян льна масличного, т/га

Средства химизации (А)	Фон удобрений (В)	Годы			Среднее
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	
Г	0	0,930	0,911	0,915	0,919
	N ₁₂ P ₅₂	1,020	0,973	0,979	0,991
ГА	0	1,000	0,940	0,970	0,970
	N ₁₂ P ₅₂	1,090	1,004	1,043	1,046
КХ ₁	0	1,050	0,993	1,154	1,066
	N ₁₂ P ₅₂	1,140	1,039	1,225	1,135
КХ ₂	0	1,100	1,095	1,116	1,104
	N ₁₂ P ₅₂	1,290	1,152	1,187	1,210

НСР ₀₅ частные различия	0,074	0,050	0,071
фактор А	0,037	0,025	0,035
фактор В	0,053	0,036	0,050

При добавлении к гербицидам альбита отмечалась только тенденция роста урожайности. Использование же комплексных химизаций приводило к ежегодному существенному увеличению сбора семян льна. По сравнению с применением только гербицидов урожайность возрастала на 0,147–0,185 т/га по удобренному фону и на 0,144–0,219 т/га по удобренному аммофосом.

В целом следует отметить слабое влияние аммофоса на уровень урожайности и существенное при применении комплекса средств химизации, даже в острозасушливых условиях трех лет опытов – 79% (рисунок 1).

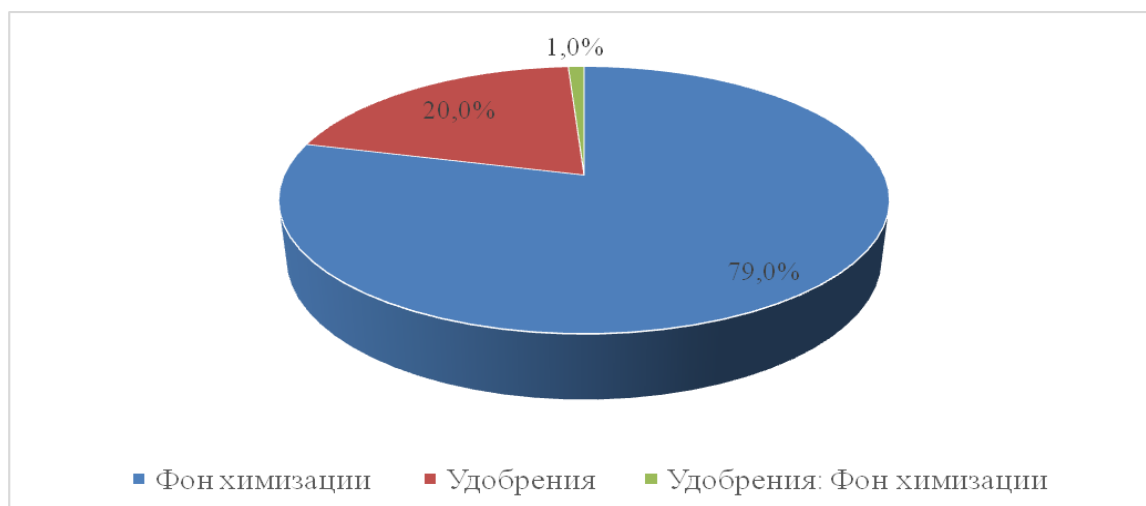


Рисунок 1 – Вклад факторов в изменение урожайности льна масличного (2021–2023 гг.)

6.6. Семенные и технологические свойства семян льна масличного

Отрицательного влияния средств химизации на семенные свойства льна не наблюдалось как на энергию прорастания, так и на всхожесть семян (таблица 14). Масличность же семян на фоне применения средств химизации даже возрастала.

Таблица 14 – Семенные и технологические свойства семян льна (среднее за 2021–2023 гг.)

Свойство семян	Фон удобрения	Средства химизации		
		Г	КХ ₁	КХ ₂
Энергия прорастания, %	0	96,10	95,80	96,10
	N ₁₂ P ₅₂	95,80	95,80	95,90
Всхожесть, %	0	97,00	96,80	97,20
	N ₁₂ P ₅₂	97,00	97,20	96,80
Масличность семян, %	0	45,64	46,32	46,47
	N ₁₂ P ₅₂	46,05	46,41	46,67

Еще выше вклад комплексной химизации – в увеличение масличности семян льна (рисунок 2).

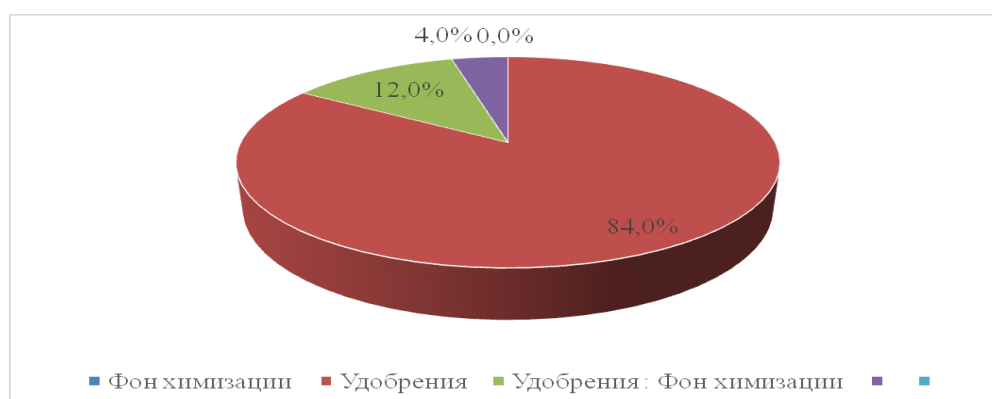


Рисунок 2 – Вклад факторов в изменение масличности льна масличного (2021–2023 гг.)

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 их применения приводило к росту прямых затрат на 1 га (таблица 15). Но по мере увеличения урожайности семян льна возрастала стоимость продукции. Отсюда снижение себестоимости 1 т семян. Только от аммофоса она возрастала.

Таблица 15 – Экономическая эффективность применения средств химизации (среднее за 2021–2023 гг.)

Показатель	Без удобрений				N ₁₂ P ₅₂			
	Г	ГА	KX ₁	KX ₂	Г	ГА	KX ₁	KX ₂
Урожайность, т/га	0,919	0,970	1,066	1,104	0,991	1,046	1,135	1,210
Прямые затраты, руб./га	10 887	11 071	11 291	12 485	16 545	16 761	16 937	18 169
Стоимость продукции, руб./га	31 154	32 917	36 137	37 425	33 594	35 459	38 476	41 019
Себестоимость 1 т продукции, руб.	11 847	11 414	10 592	11 309	16 696	16 024	14 922	15 016
Условно чистый доход с 1 га, руб.	20 267	21 812	24 847	24 940	17 050	18 698	21 540	22 850
Уровень рентабельности, %	186,1	197,3	220,1	199,8	103,0	111,6	127,2	125,8

С учетом всех изменений оптимальным вариантом применения средств химизации без внесения удобрения признано использование комплексных химизаций, где уровень рентабельности составил 199,8–220,1%. Применение аммофоса в острозасушливых условиях снижало уровень рентабельности до 125,8–127,2%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В степной зоне Западной Сибири за 2020–2023 гг. отмечались остро-засушливые 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 химизация: (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 неудобренном 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 неудобренном фоне и 1,21 т/га – на фоне применения аммофоса.

10. Уровень рентабельности при комплексных химизациях составлял 220,1–199,8% на неудобренном 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 посева 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. **Орлов А.А.** Оптимизация нормы посева льна масличного в степной зоне Западной Сибири / А.А. Орлов, Н.А. Рендов, Е.В. Некрасова, С.И. Мозылева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 12(218). – С. 50–55. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-218-12-50-55.
2. **Орлов А.А.** Оптимизация расхода рабочей жидкости при опрыскивании гербицидами посевов льна масличного в степи Западной Сибири / А.А. Орлов, Н.А. Рендов // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1(49). – С. 51–56. – DOI 10.48136/2222-0364_2023_1_51.
3. **Орлов А.А.** Эффективность средств химизации на посевах льна масличного в засушливых условиях степи Западной Сибири / А.А. Орлов, Н.А. Рендов, Е.В. Некрасова, С.И. Мозылева // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2023. – № 4(73). – С. 13–18. – DOI 10.34655/bgsha.2023.73.4.002.

Публикации, входящие в международную базу цитирования Scopus:

4. **Orlov A.** The timing of oilseed flax sowing in the steppe zone of Western Siberia / A. Orlov, N. Rendov, V. Ershov, E. Nekrasova, S. Mozyleva // E3S Web Conferences. – 2023. – Vol. 420. – P. 01015. – DOI 10.1051/e3sconf/202342001015

Публикации в других научных изданиях:

5. **Орлов А.А.** Применение Альбита в посевах льна масличного в качестве антидота / А.А. Орлов // Результаты современных научных исследований и разработок: сборник статей XV Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 23 ноября 2021 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2021. – С. 83–88.

6. **Орлов А.А.** Эффективность средств химизации на посевах льна масличного в степной зоне Омской области / А.А. Орлов, Н.А. Рендов // Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья: материалы Всероссийской (национальной) конференции, посвящённой 95-летию ботанического сада Омского ГАУ, Омск, 24 марта 2022 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет, 2022. – С. 132–135.

7. **Орлов А.А.** Эффективность средств химизации при возделывании льна масличного в степи Омской области / А.А. Орлов, Н.А. Рендов, Е.В. Некрасова, С.И. Мозылева // Инновационные решения и тренды развития технологий продуктов здорового питания: материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию Заслуженного работника высшей школы РФ, действительного члена РАЕ, доктора медицинских наук, профессора Высокогорского Валерия Евгеньевича, Омск, 25 ноября 2022 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. – С. 77–80.