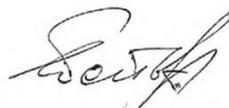


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

 На правах рукописи

Ростова Елизавета Николаевна

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ
ГОРЧИЦЫ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО КРЫМА

4.1.1 – Общее земледелие и растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Изотов Анатолий Михайлович

Симферополь 2023

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ	11
1.1 Распространение, значение и перспективы возделывания горчицы	11
1.2 Сравнительная характеристика биологических особенностей разных видов горчицы и их соответствие почвенно-климатическим условиям степного Крыма	20
1.3 Влияние агротехники возделывания на продуктивность посевов горчицы	23
ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	36
2.1 Характеристика почвенно-климатических условий места проведения исследований	36
2.2 Схема опыта, технология возделывания и методика проведения исследований	37
2.3 Агроклиматические условия в годы проведения исследований	40
ГЛАВА 3 ПРОДУКТИВНОСТЬ ВИДОВ ГОРЧИЦЫ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО КРЫМА	45
3.1 Продолжительность фаз развития и периода вегетации видов горчицы	45
3.2 Формирование агрофитоценозов горчицы белой, сарептской и черной	48
3.3 Содержание жирного и эфирного масел в семенах видов горчицы	50
3.4 Урожайность видов горчицы, сбор жирного и эфирного масел	52
ГЛАВА 4 ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И НОРМ ВЫСЕВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ	56
4.1 Всхожесть и сохранность растений горчицы белой в зависимости от уровня азотного питания и нормы высева	56
4.2 Показатели структуры урожая и урожайность горчицы белой	62

4.3 Засоренность посевов горчицы белой при разных нормах высева и дозе азотного удобрения	77
4.4 Влияние нормы высева и дозы азота на содержание растительного жира и эфирного масла в семенах горчицы белой	90
ГЛАВА 5 ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И НОРМ ВЫСЕВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ	99
5.1 Полевая всхожесть семян и сохранность растений горчицы сарептской к уборке в зависимости от уровня азотного питания и нормы высева	99
5.2 Показатели структуры урожая и величина урожайности горчицы сарептской при различных дозах внесения азотного удобрения и нормах высева семян	107
5.3 Засоренность посевов горчицы сарептской при разных нормах высева и фонах азотного удобрения	123
5.4 Накопление жирного и эфирного масел в семенах горчицы сарептской	132
ГЛАВА 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	143
6.1 Экономическая эффективность выращивания разных видов горчицы	144
6.2 Экономическая оценка агротехнических приемов возделывания горчицы белой	146
6.3 Экономическая оценка агротехнических приемов возделывания горчицы сарептской	149
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	152
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ	155
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	156
ПРИЛОЖЕНИЯ	185

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Природно-климатические условия Крыма имеют высокий биопотенциал для сельскохозяйственного производства, однако основным фактором, ограничивающим их максимальную реализацию, является недостаточная влагообеспеченность. Засушливые условия и отсутствие возможности орошения, после прекращения подачи воды по Северо-Крымскому каналу, значительно ограничивают ассортимент полевых культур для выращивания в Крыму. Основную долю в структуре посевов полуострова занимают озимые зерновые [128]. Расширение спектра культур, пригодных для выращивания в засушливых условиях и являющихся хорошим предшественником для озимых зерновых, позволит рационально использовать природные ресурсы Крыма. Горчица – одна из таких культур. Ей присуща высокая засухоустойчивость, она не очень требовательна к почвам, характеризуется коротким вегетационным периодом (от 60 до 120 дней), в результате поле освобождает рано, отличается мелиоративным и фитонцидным воздействием [3, 15, 53, 55, 59, 68, 75, 114, 138, 148, 217]. Введение данной культуры в севооборот позволяет повысить его продуктивность и эффективность в целом [6, 7].

Однако горчица в структуре посевных площадей Крыма не получила еще достаточного распространения. Одной из причин такого положения является то, что до сих пор культуре в регионе не уделялось должного внимания, в связи с чем недостаточно полно изучено влияние элементов технологии на семенную продуктивность горчицы в засушливых условиях степной зоны Крымского полуострова.

В связи с этим, разработка агроприемов, сочетающих в себе, как биологические особенности культуры, так и природно-климатические условия региона, позволит обеспечить получение стабильно высоких урожаев горчицы на фоне рационального расходования финансовых и материальных средств, что является актуальным на сегодняшний день.

Степень разработанности темы. Разработкой технологии выращивания горчицы с целью формирования высокопродуктивных агрофитоценозов в России и странах ближнего зарубежья занимались многие исследователи: Г.В. Сулова [172], Д.Е. Михальков [120], А.В. Юрьев [194], В.Г. Кубраков [93], А.С. Кочергина [91], В.М. Лукомец [103], В.Н. Плотников [140], Н.П. Жернова [202], Г.А. Медведев, Н.Г. Екатериничева [114], В.В. Бородычев [11, 12], Е.Т. Нурманов, Б.Н. Хамзина [134], В.В. Цибулин [189], А.Г. Жуйков [203], А.Л. Оксимець [208], В. Чэмелау [216] и многие другие. Изучалось влияние сроков сева, нормы высева, способов посева, уровня минерального питания и других технологических элементов на продуктивность посевов горчицы. На данный момент накоплен большой объем данных, которые указывают на то, что элементы технологии выращивания определяются не только биологическими особенностями культуры, но природно-климатическими условиями выращивания.

В степном Крыму (Центральная равнинная степь Крыма по В.И. Вазову [13, 14]) горчица выращивается давно, но научно обоснованная технология ее возделывания на маслосемена практически не разработана. В прошлом столетии ее рассматривали в основном как обязательную составляющую зеленого конвейера на орошении и изучали исходя из этого направления. В условиях суходола и при выращивании на маслосемена она в тот период не изучалась. В Крыму более десяти лет назад С.В. Томашовым и О.Л. Томашовой были проведены исследования по поиску наиболее эффективных сроков сева и доз азотно-фосфорных удобрений применительно для горчицы белой и горчицы сарептской выращиваемых на маслосемена. Полученные результаты опубликованы в их научных трудах [175, 176, 177, 212, 213], даны рекомендации производству. Другие элементы технологии возделывания горчицы не изучены до сих пор. Не изучена также продуктивность видов горчицы в условиях Крыма.

Цель исследований. Выявить наиболее продуктивные для условий степного Крыма виды горчицы, усовершенствовать технологию возделывания горчицы белой и горчицы сарептской за счет оптимизации нормы высева и дозы внесения азотного удобрения.

Задачи исследований:

– провести анализ формирования урожайности, накопления жирного и эфирного масел в семенах горчицы белой, сарептской и черной при возделывании в условиях степного Крыма;

– изучить влияние нормы высева и дозы азотного удобрения на урожайность и качество семян горчицы белой и горчицы сарептской;

– определить возможность снижения уровня засоренности посевов горчицы белой и горчицы сарептской за счет технологических приемов возделывания;

– оценить экономическую эффективность выращивания разных видов горчицы и изучаемых приемов технологии.

Научная новизна. Впервые в условиях степного Крыма на черноземах южных дано обоснование возможности и целесообразности выращивания разных видов горчицы, проведены исследования по изучению семенной продуктивности горчицы белой и горчицы сарептской в зависимости от уровня азотного питания и нормы высева культуры, выявлены характер и степень зависимости урожайности горчицы белой и горчицы сарептской от изучаемых элементов технологии выращивания и условий года.

Теоретическая и практическая значимость. На основании проведенных исследований для почвенно-климатических условий степного Крыма дано научное обоснование основным элементам технологии возделывания горчицы белой и сарептской: определены для них оптимальные нормы высева семян и дозы предпосевного внесения азотных удобрений, обеспечивающих высокую продуктивность посевов и получение экономически оправданного уровня урожайности культуры. Получены новые знания о всхожести и сохранности растений горчицы, засоренности ее

посевов, формировании структуры урожая. Показано, что горчица сарептская более адаптирована к агроклиматическим условиям Центральной степи Крыма, она обеспечивает урожай на 0,22 – 0,32 т/га выше, чем горчица белая и горчица черная.

Внедрение в производство результатов исследований было осуществлено на предприятиях Республики Крым Красногвардейского (КФХ «Сокол», ООО «Технопроект») и Черноморского (ООО «Сармат-Агро») районов в 2019-2020 гг.

Методология и методы исследований. Методология выполненных исследований основывалась на обобщении, сравнении материалов по изучаемой проблеме, включала общенаучные и специфические для земледелия и растениеводства современные методы исследований, присущими им наблюдениями, измерениями, описаниями, проводимые по общепринятым методикам, статистическую обработку данных экспериментов и их анализ.

Объект исследований – сорт горчицы белой Радуга, сорт горчицы сарептской Ника, сорт горчицы черной Ниагара.

Предмет исследований – агроприемы выращивания горчицы: нормы высева и дозы предпосевного внесения азотных удобрений.

Методы исследований. Общепринятые (гипотеза, наблюдение, сравнение, измерение, анализ) и специальные (полевой, лабораторно-полевой, лабораторный, сравнительно-расчетный и математической статистики).

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- уровень продуктивности разных видов горчицы при выращивании в условиях степного Крыма;
- зависимость урожайности и показателей качества семян горчицы белой и горчицы сарептской от доз азотных удобрений и норм высева;
- разработка приемов агротехнологии, способствующих снижению засоренности посевов горчицы белой и горчицы сарептской;

– экономическая целесообразность производства маслосемян разных видов горчицы и эффективность норм высева и доз азотных удобрений при выращивании горчицы белой и горчицы сарептской в условиях степного Крыма.

Степень достоверности и апробация результатов исследований подтверждаются значительным объемом полученных и статистически обработанных экспериментальных данных. Результаты исследований доложены на заседаниях кафедры земледелия и растениеводства института «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, ученого совета ФГБУН «НИИСХ Крыма» (2017–2019 гг.) и научных конференциях: III Международная научно-практическая конференция «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки» (Ялта, 2018); Российская научно-практическая конференция «Агробиологические основы адаптивно-ландшафтного ведения сельскохозяйственного производства», посвященная 100-летию академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» (Симферополь, 2018); IV Международная научно-практическая конференция «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки» (Ялта, 2019); Российская научно-практическая конференция «Агроэкологическая оценка земель и проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия» (Анапа, 2019); V научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» (Симферополь, 2019); V Международная научно-практическая конференция «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки» (Ялта, 2020); Международная научно-практическая конференция «Рациональное использование природных ресурсов в агроценозах» (Симферополь, 2020); Юбилейная Международная научно-практическая конференция «Современные методы и проблемы селекции, семеноводства и технологии возделывания зерновых и кормовых культур»

(Зерноград, 2020); VI Международная научно-практическая конференция «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки» (Симферополь, 2021).

Публикации. Результаты исследований опубликованы в 12 научных статьях, в том числе 5 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 220 страницах, содержит 45 таблиц, 15 рисунков, состоит из введения, 6 глав, заключения, предложений производству, библиографического списка использованной литературы, который включает 241 наименование, в том числе 25 на латинице, 51 приложение.

Представленная работа входила в план инициативных НИР института «Агротехнологическая академия ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» и являлась составной частью плана научно – исследовательских работ ФГБУН «НИИСХ Крыма» на 2016 – 2020 гг. по направлению исследований «Теория и принципы разработки и формирования технологий возделывания экономически значимых сельскохозяйственных культур в целях конструирования высокопродуктивных агрофитоценозов и агроэкосистем» (номер госрегистрации № 0834-2015-0011), задание: «Разработать приемы повышения продуктивности масличных культур в целях конструирования высокопродуктивных агрофитоценозов при эффективном использовании природно-ресурсного потенциала Крыма», раздел 2: «Разработка элементов технологии возделывания горчицы в условиях Центральной степи Крыма».

Личный вклад соискателя. Состоит в совместной с научным руководителем разработке схем опытов, планировании эксперимента, самостоятельном проведении лабораторных и полевых исследований, проведении статистического анализа данных, их обобщении, апробации результатов исследований, написании диссертационной работы.

Благодарность. Автор выражает слова благодарности научному руководителю – Изотову Анатолию Михайловичу за поддержку и помощь на всех этапах научных исследований, коллективу сотрудников и лаборантов

ФГБУН «НИИСХ Крыма» за помощь в проведении полевых и лабораторных исследований.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ

1.1. Распространение, значение и перспективы возделывания горчицы

Горчица – одно из старейших и хорошо известных человеку растений, ее относят к числу первых культивируемых видов в мире. Упоминания о ней есть в самых древних христианских записях: в Евангелиях от Матфея, Марка и Луки горчичное зерно – это одно из самых впечатляющих символов «человеческого тела» исполненного определенной верой. Записи о горчице встречаются в древнегреческих, индийских, шумерских и римских документах, датированных III веком до н. э. В лечебных целях ее применял Гиппократ, Теофраст писал о ней в своих сочинениях, арабы, египтяне, греки, римляне использовали ее как приправу. Самым древним свидетельствам целенаправленного сбора семян видов *Brassica* и *Sinapis* более десяти тысяч лет [44, 117, 155, 192].

Родиной горчицы белой и черной считается Средиземноморье [39, 43, 131], а вот по горчице сарептской единого мнения нет. По одним источникам она вышла из Восточного Китая [193], по другим из Юго-Западной Азии [71, 83, 131, 151], в диком виде также встречается в Южной Сибири и в Монголии [40]. Где именно она является аборигеном, определить сложно, но большинство ученых сходятся во мнении, что именно из Китая горчица сарептская была перенесена в Индию, где и находился очаг ее первичного возделывания в культуре [82, 103, 114, 160, 193]. Есть предположение, что горчица сарептская появилась в результате естественного скрещивания между *Brassica nigra* и *Brassica campestris* [155, 172].

В Европу горчица попала через римских легионеров, промышленная переработка ее началась в 1634 г. в г. Дижон (Франция). Первые упоминания о горчице в России датируются 1781 г. (А.И. Болотов «О бытие горчичного масла и о полезности оного»). Опыты Н.А. Бекетова считаются началом переработки горчицы в России. Его дело продолжил Конрад Нейц, колонист

немецкого поселения Сарепта в Царицынском уезде, и его потомки. Ими было получено горчичное масло и горчичный порошок, усовершенствован способ получения горчицы на мельнице и даже выведен особый засухоустойчивый сорт горчицы сарептской [146, 153, 155].

В мировой практике возделывают преимущественно четыре вида горчицы: горчицу сарептскую (*Brassica juncea Czern.*), горчицу белую (*Sinapis alba L.*), горчицу черную (*Brassica nigra Koch.*) и горчицу абиссинскую (*Brassica carinata Braun*) [10, 209, 160, 164, 165]. Некоторые исследователи выделяют только три вида: сарептскую, белую и черную [65, 119]. В Крыму, как и во всей России, большей частью выращивают горчицу сарептскую, посеvy горчицы белой и горчицы черной распространены мало [1, 104, 131]. Горчица абиссинская (*Brássica carinata*) возделывается в основном в Абиссинии и прилегающих к ней странах, данный вид перспективен для южных регионов России только при условии достаточного увлажнения [10].

Горчица – универсальное культурное растение многопланового использования, но в основном ее возделывают для получения маслосемян. Семена горчицы давно и хорошо известны во всем мире как пряность, которая и по сей день не перестает удивлять нас гаммой новых интересных изделий в пищевой промышленности [19, 20, 48, 110]. В них содержатся жиры, белки и углеводы, они богаты кальцием, железом, магнием, фосфором, калием, натрием, цинком, медью, марганцем и селеном. Особенно ценны семена горчицы тем, что в них присутствуют все жирорастворимые витамины (А, В, Д, Е, К, С, Р) [110, 124, 155]. При переработке семян выход полезной продукции составляет не менее 95 %. В основном это жирное (~25 %) и эфирное горчичное масло (~5 %), а также макуха для горчичного порошка и на корм животным (~60-65 %), и шелуха для топлива (~2,5 %) [65]. При замкнутом цикле производства выход продукции возрастает до 99,9 % [110].

Горчичное масло нашло свое применение в пищевой, технической и химико-фармацевтической отраслях промышленности. Оно считается лучшим в хлебопечении и приготовлении консервов [39, 40, 43]. Масло горчицы

является источником полиненасыщенных жирных кислот (олеиновой, линолевой, линоленовой), необходимых для нормального развития и функционирования человеческого организма. В нем содержится в 1,5 раза больше витаминов А и Д, чем в подсолнечном. В сравнении с другими растительными маслами оно имеет самый низкий кислотный показатель и дольше других сохраняет свои свойства [26, 124, 155].

Не менее ценным является эфирное (аллилгорчичное) масло, именно оно наделяет горчицу антибактериальными, противогрибковыми и противомикробными свойствами, благодаря ему горчица используется как консервант, ароматизатор, стимулятор, раздражитель и репеллент [36, 37, 38]. Эфирное масло является продуктом гидролиза глюкозинолатов, которые в горчице белой в основном представлены синальбином, в горчице черной – синигрином, а в горчице сарептской, в зависимости от места происхождения, может преобладать синигрин или глюконапин [195]. Учеными ведутся работы как по созданию сортов с высоким содержанием эфирного масла в семенах [37, 38], так и по оптимизации процесса выделения его из продуктов переработки семян горчицы [158].

В последнее время горчица набирает популярность как сидерат, она может стать серьезной альтернативой традиционным органическим и минеральным удобрениям. В Центральной орошаемой зоне Ростовской области горчицу сарептскую выделяют как наиболее продуктивную сидеральную культуру в сравнении с гречихой, люпином, рапсом и горохом. Отмечают, что она способствует увеличению в почве нитратного азота на 15 %, подвижного фосфора на 19 % и обменного калия на 16 % [4]. В своих исследованиях В.А. Монастырский, А.Н. Бабичев, В.И. Ольгаренко и Д.В. Сухарев установили, что горчица сарептская за вегетационный период не превышающий 40 дней формирует зеленую массу более 35 т/га, обеспечивая последующую культуру 90 кг/га нитратного азота, 30 кг/га подвижного фосфора и 100 кг/га обменного калия [123]. Ю.Н. Синих и Х.Х. Хайрулин отмечают, что использование горчицы белой в качестве сидерата позволяет

получать урожай яровой пшеницы в условиях Московской области на одном уровне с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ [166]. Согласно данным А.В. Приходько, А.Н. Сусского и С.А. Моляра в условиях Крыма горчица, как сидеральная культура, обеспечивает поступление в почву 2100 кг/га органического вещества, 78 кг/га азота, 8 кг/га фосфора и 42 кг/га калия [145]. В. Бугайов, Ю. Бежацкий и С. Антонов указывают, что горчицу белую можно использовать на сидеральные цели не только в основных, но и в пожнивных посевах [199].

Не меньший интерес горчица представляет и как кормовая культура, за 30 - 45 дней можно получить не менее 30 т/га зеленой массы, богатой кальцием (2,05-2,10 г/кг), фосфором (0,42-0,50 г/кг), каротином (218-223 мг/кг) и другими питательными элементами. В 1 кг зеленой массы содержится 0,11-0,14 к. е. и 14 - 18 г переваримого протеина. Она хорошо поедается животными [16, 24, 30, 78, 96, 153, 161, 199].

Многие исследования указывают на способность горчицы накапливать в себе тяжелые металлы [17, 22, 125], что делает ее привлекательной культурой для очистки почв от потенциально токсичных элементов. W. Yang, L. Luo, B.C. Bostick, E. Wiita, Y. Cheng и Y. Shen отмечают высокую способность горчицы сарептской накапливать в растениях мышьяк (As) и свинец (Pb) [240]. Китайские ученые J. Du, Z. Guo, R. Li, A. Ali, D. Guo, A.H. Lahori, P. Wang, X. Liu, X. Wang, Z. Zhang выделяют горчицу сарептскую, как наиболее перспективную для фиторемедиации культуру, поскольку она характеризуется высокой переносимостью и способностью накапливать кадмий (Cd) и цинк (Zn) [220]. В своих исследованиях S.S. Dhaliwal, P.K. Taneja, J. Singh, S.S. Bhatti, R. Singh отмечают, что из трех видов семейства Brassicaceae: *B. juncea* L., *B. campestris* L. и *B. napus* L. больше всего Cd из почвы поглощает именно горчица сарептская [219]. P. Modlitbova, P. Porizka, S. Stritezska, S. Zezulka, M. Kummerova, K. Novotny, J. Kaiser сообщают о высокой накопительной способности Cd у горчицы белой [227]. А.Т. Колушпаева и А.Д. Акбасова указывают, что при помощи горчицы

сарептской возможна очистка почв от загрязнения ртутью (Hg) [86]. Исследования Д.А. Постникова и М.С. Норова показывают, что при чередовании горчицы белой и сафлора уже через четыре года можно существенно снизить загрязненность тяжелыми металлами корнеобитаемого слоя почвы [143]. Ведутся также работы и по повышению эффективности фитоэкстракции горчицы [167, 228].

В последнее время особое внимание уделяется изучению вторичных продуктов, получаемых после переработки семян горчицы. По своему химическому составу они, являются многокомпонентными смесями, характеризующимися высокой питательной и кормовой ценностью, и могут быть использованы в качестве кормовой добавки для обогащения рациона сельскохозяйственных животных и птицы [159].

Также они интересны своими фунгицидными, инсектицидными, гербицидными и антиоксидантными свойствами. Лабораторные исследования J. Vandicke, K. De Visschere, S. Deconinck, D. Leenknecht, P. Vermeir, K. Audenaert и G. Haesaert показали, что аллилизотиоцианат, полученный из горчицы сарептской, полностью подавляет рост мицелия грибов *Fusarium graminearum* и *Fusarium poae*. Ученые указывают на перспективность данного вещества как биофумиганта против возбудителей фузариоза на кукурузе [235]. Возможно применение горчицы сарептской и в борьбе с *Rhizoctonia solani*, грибковым патогеном многих культур, в том числе пшеницы, картофеля и бобовых. Согласно результатам исследований I. Abdallah, R. Yehia и M.A. - H. Kandil наиболее эффективна против *Rhizoctonia solani* обезжиренная семенная мука, затем следует горчичный порошок, за ними экстракт из свежих растений на стадии цветения и на стадии вегетации [239]. Шрот из семян горчицы хорошо подавляет и виды грибов *Verticillium*, возбудителей вертициллёзного увядания овощных культур [234]. Chhetri Prativa указывает на эффективность экстракта шрота из семян горчицы белой в борьбе с *Globodera pallida* [218]. В своих исследованиях Xi Wang, Mengmeng Gu, Genhua Niu и Paul A. Baumann отмечают, что из шрота семян горчицы белой

возможно получение биогербицида эффективного против широколиственных сорняков, а из шрота горчицы сарептской – против злаковых сорняков [236]. Вместе с исследованиями разных свойств продуктов переработки горчицы, также ведутся работы по оптимизированию высвобождения из них активных пестицидных соединений [229].

Полифенольные соединения из экстракта горчицы демонстрируют свойства эффективного антиоксиданта [241], а водные растворы клейковины горчицы по антиоксидантной активности превосходят пектин цитрусовых, ксантановую и аравийскую камедь [238, 237]. А.И. Биктагирова, А.Г. Макарова, Р.Ф. Яруллина, Т.А. Ямашев и О.А. Решетник указывают на перспективность использования экстрактов из семян горчицы сарептской для получения натуральных антиоксидантов [9]. Акрилатное эпоксидированное горчичное масло можно применять в качестве пластификаторов-стабилизаторов поливинилхлорида, различных полимерных нетоксичных композиций, в частности для изготовления армированных макулатурных зеленых композитов [225].

Растительные остатки горчицы в перспективе могут стать альтернативным сырьем для производства биоэтанола [233]. А.П. Уханов указывает, что горчица благодаря своим агротехническим характеристикам может составить достойную конкуренцию рапсу в качестве источника дизельного моторного топлива [182].

Наряду с явными горчица обладает массой скрытых достоинств. Она является прекрасным фитосанитаром: фитонциды, выделяемые корневой системой, убивают многих микробов, простейшие организмы и вредных насекомых, таких как проволочники, нематоды и многоножки [124]. Посевы горчицы сарептской существенно снижают численность соевой нематоды (*Heterodera glycines Ichinohe*), в связи с чем она становится ценным предшественником для сои на территории США [217]. Многие ученые отмечают высокую способность горчицы подавлять сорные растения. Согласно данным Г.А. Медведева, В.Н. Плотникова и Д.Е. Михалькова при

увеличении нормы высева горчицы с 1 до 3 млн всхожих семян на гектар засоренность посевов снижается на 12-17 % [111, 121]. О снижении численности сорняков с увеличением густоты стояния горчицы в своих работах указывают А.С. Кочергина [86] и В.А. Гущина, Ю.А. Прохорова [52]. Многолетние исследования К.Г. Женченко по изучению севооборотов в Крыму показали, что количество сорняков в посевах озимых зерновых размещенных после горчицы находится практически на одном уровне с посевами озимых по пару и существенно меньше, чем по занятому пару, а как предшественник горчица способствовала получению высокого урожая озимых зерновых [201]. Помимо фитосанитарных горчица обладает и фитомелиоративными свойствами. Хорошо развитая корневая система способствует лучшему просушиванию рисовых чеков, как следствие интенсифицируются окислительные процессы и нормализуется окислительно-восстановительный баланс почвы [55]. По данным Э.Б. Дедова и Г.Н. Кониева введение горчицы в севооборот повышало коэффициент структурности почвы с 1,03 до 1,72, общую скважность с 46,5 до 50,0 %, плотность снижалась с 1,33 до 1,23 т/га, корневые остатки обеспечивали поступление в почву до 3,2 т/га органического вещества [53]. Горчица обладая мощной корневой системой способна усваивать элементы питания из глубоких слоев почвы, после ее возделывания содержание нитратных форм азота возрастает на 3,6-7,1 мг/кг почвы, легкодоступного фосфора на 2,6-7,0 мг/кг почвы [75]. Многолетние исследования А.Г. Жуйкова в зоне Южной Степи Украины показали, что водопроницаемость почвы после яровой горчицы сарептской улучшается на 59,1 %, озимой – на 58,3 %, горчицы белой – на 56,1 % и горчицы черной – на 43,7 %. После уборки остается до 6,3 т/га растительных и до 3,4 т/га корневых остатков. Он отмечает, что данный факт способствует формированию бездефицитного баланса органического вещества в почве и оптимизации ее водного баланса. Также он отмечает, что горчица в сравнении со стерневыми предшественниками повышает продуктивность озимой пшеницы на 0,8-1,2 т/га, снижает интенсивность распространения корневых гнилей и

корнеотпрысковых сорняков, а также может быть альтернативной культурой для пересева погибших посевов озимого рапса [64]. В условиях Северного Кавказа после горчицы и льна получали озимую пшеницу с высокими хлебопекарными качествами [105].

Одним из путей решения проблемы снижения почвенного плодородия и ухудшения экономической ситуации в растениеводстве, а также ухода от монокультуры, по мнению многих специалистов, является введение в севообороты крестоцветных масличных культур, в том числе и горчицы [3, 6, 7, 210].

В России посевные площади под горчицей варьируют в разные годы от 43 (2008 г.) до 255 (2018 г.) тыс. га, при этом за последние пять лет меньше 123 тыс. га не высевалось [142], что указывает на повышение спроса на данную культуру. Средняя урожайность по стране находится в пределах 4,6 (2018 г.) - 7,2 (2017 г.) ц/га [180]. Согласно анализу, подготовленному BusinesStat, производство горчицы в целом по стране за 2016-2020 гг. увеличилось на 14,5 %, достигнув своего максимума в 2018 году (117,3 тыс. т). Они указывают, что в последние годы наблюдается рост продаж на внешнем рынке, так за период с 2016 по 2020 гг. объемы экспорта горчицы возросли в 3,1 раза с 28,3 до 88,8 тыс. т. Интерес к семенам нашей горчицы обусловлен в основном ее экологичностью, поскольку в них практически не содержатся вредные химические элементы, так как по большей части у нас ее выращивают с минимальным применением пестицидов. Также отмечается, что российские предприятия перерабатывают преимущественно горчицу отечественного происхождения и они наращивают объемы своего производства. Согласно прогнозу BusinesStat в ближайшие годы в России ожидается дальнейший рост спроса на семена горчицы [1].

Несмотря на благоприятный прогноз и уникальные полезные свойства горчицы, ее производство, как и любой другой сельскохозяйственной культуры, зависит прежде всего от спроса и предложения на внутреннем и внешнем рынках, при этом по каждому конкретному виду они могут быть

разными. Известны случаи, когда цены и спрос на один вид горчицы падали, а на другой вид в это же время существенно возрастали, и в основном это было связано с дефицитом или переизбытком продукции того или иного вида горчицы на рынке [69, 92].

Мировым лидером по производству семян горчицы считается Индия, но точных данных нет, поскольку Индия, как и две другие страны, являющиеся крупными производителями семян горчицы – Пакистан и Бангладеш, данные о производстве горчицы суммируют с данными о производстве рапса. По неофициальным источникам Индия производит до 2,5 млн т семян в год, Пакистан и Бангладеш – до 150 тыс. т [135]. Основные объемы горчицы в этих странах идут на производство растительного масла и используются на внутреннем рынке, тогда как развитые страны выращивают горчицу преимущественно для переработки на различные продукты питания и экспорт. По данным ФАОСТАТ лидером является Канада, которая производит около 250 тыс. т семян в год, второй страной считается Непал – около 171 тыс. т. Россия уверенно входит в первую пятерку, в отдельные годы поднимаясь до третьего места [110, 206].

Являясь одним из крупнейших производителей семян горчицы, обезопасить себя от негативного влияния колебаний объемов производства семян горчицы в мире и изменения цен на них, Россия может за счет повышения продуктивности культуры. Отечественными селекционерами ведется работа по выведению высокопродуктивных сортов разных видов горчицы, характеризующихся широкой экологической пластичностью и адаптивной способностью. Селекция направлена также на получение продукции определенного качества, выведены высокомасличные безэруковые сорта и сорта с повышенным содержанием эфирного масла [34, 35, 37, 38, 77, 80, 81, 178]. Однако реализовать свой потенциал новые сорта могут только при соответствующей технологии возделывания с учетом биологических особенностей культуры и природно-климатических условий выращивания.

Благодаря своим фито- и мелиоративным свойствам горчица имеет хорошие перспективы дальнейшего роста ее производства.

1.2. Сравнительная характеристика биологических особенностей разных видов горчицы и их соответствие почвенно-климатическим условиям степного Крыма

Горчица белая (или Горчица английская), Горчица сарептская (или Горчица русская, Горчица сизая, Капуста сарептская) и Горчица черная (или Горчица французская, Горчица настоящая) – все три вида по своим ботаническим характеристикам и биологическим особенностям имеют как много общего, так и ряд различий. Это однолетние травянистые растения из родов *Sinápis* и *Brássica*, принадлежащие к семейству Капустных (*Brassicaceae*). Относятся к культурам длинного дня, характеризуются яровым типом развития. При этом следует отметить, что на данный момент селекционерами выведена озимая форма горчицы сарептской и в реестр включено два сорта Снежинка (2002 г.) и Джуна (2010 г.) [47]. Растения имеют стержневую хорошо разветвленную и глубоко проникающую корневую систему, устойчивы к полеганию, в семенах содержат жирные и эфирные масла, обладают фитосанитарными и мелиоративными свойствами, являются прекрасными медоносами. [8, 10, 15, 20, 39, 40, 43, 83, 131, 150, 151, 165].

Горчица белая (*Sinápis álba*) характеризуется коротким периодом вегетации, в зависимости от зоны выращивания и погодных условий он колеблется в пределах 65-90 дней. Это довольно холодостойкая культура. Семена способны прорасти при температуре 1-2 °С, однако дружные всходы появляются при температуре 8 - 10 °С на 6-8 день после посева. Всходы могут выдерживать продолжительные заморозки до -6 °С [39, 138, 190]. От посева до полной спелости горчице белой необходима сумма положительных температур 1600-1650 °С [138]. Благодаря высокой усваивающей способности корневой системы она мало требовательна к плодородию почвы, хорошо

удаётся даже на малоплодородных подзолистых почвах, однако плохо переносит кислые и плохо получается на песчаных [150]. Горчица белая потребляет довольно много влаги, хорошо растёт и развивается в районах, где за вегетационный период выпадает 350-450 мм осадков [204, 209]. Она очень чувствительна к недостатку влаги в начальный период роста, но довольно легко переносит засуху во второй половине вегетации [80].

Преимущества горчицы белой в сравнении с сарептской состоят в том, что она раньше и равномернее созревает, практически не осыпается, менее требовательна к почвам, климату и удобрениям, обеспечивает стабильные урожаи [107]. По мнению многих специалистов увеличение посевных площадей под горчицей должно осуществляться за счёт горчицы белой, именно эта культура имеет перспективы для расширения объёмов промышленного выращивания на маслосемена в Российской Федерации [34, 80, 104].

Горчица сарептская (*Brássica júncea*) развивается несколько дольше, чем горчица белая, вегетационный период у нее в зависимости от региона возделывания и погодных условий составляет от 75 до 116 дней [209, 138].

Горчица сарептская в сравнении с горчицей белой менее холодостойка, семена начинают прорастать при 2-3 °С, всходы, в зависимости от температуры почвы, появляются через 10-12 дней, что в среднем на 4 дня позже, чем у белой. Заморозки до минус 3-5 °С проросшим растениям существенного вреда не причиняют, а в фазе розетки и при более старшем развитии мало опасны даже коротко-срочные заморозки до минус 5-10 °С [138]. Для прохождения всего цикла развития (от посева до полного созревания) растениям горчицы сарептской достаточно суммы положительных температур 1700-1900 °С. Оптимальными для роста и развития являются температуры воздуха 20-25 °С, однако повышение до 30-35 °С не оказывает негативного влияния на ростовые процессы, только незначительно ускоряет динамику развития растений [82, 114, 209]. К влаге горчица сарептская менее требовательна, чем горчица белая, за вегетационный

период ей достаточно 200-250 мм осадков [204], что делает ее более предпочтительной в сравнении с другими видами для засушливых условий степного Крыма. Однако следует отметить, что при длительном дефиците влаги в почве горчица плохо переносит атмосферную засуху и высокие температуры воздуха. В отдельные остро засушливые годы на фоне отсутствия продуктивной влаги в почве потери урожая могут достигать порядка 15-40 % [209].

Благодаря глубоко проникающему корню, горчица сарептская мало требовательна к почвам, но при этом сильно реагирует на почвенные различия и агротехнические приемы. На малоплодородных землях в условиях низкой агротехники плохо развивает корневую систему, как следствие снижается засухоустойчивость и урожай. Хорошие результаты получаются на плодородных черноземах и каштановых почвах. Тяжёлые, заплывающие и засоленные почвы мало пригодны для её выращивания.

Горчица черная (*Brássica nígra*) хорошо известна в средиземноморских странах, в Средней Азии, Южной Америке, Африке, Австралии и в Европе (в основном во Франции и Италии). В России и странах Ближнего Зарубежья почти не возделывается [36, 43, 209].

По своим медоносным свойствам она превосходит горчицу белую и горчицу сарептскую, с одного гектара ее посевов можно получить до 260 кг мёда [36, 41, 42, 43].

Горчица черная относится к скороспелым культурам, продолжительность вегетационного периода составляет 60-75 дней. По скорости созревания она сходна с такими представителями семейства *Brassicaceae*, как горчица белая и яровой рыжик. По отношению к теплу она ближе к горчице сарептской, семена прорастают при +3 °С, всходы и молодые растения способны выдерживать заморозки до -6 °С. Оптимальными для роста и развития являются температуры 20 - 25 °С [36, 42].

К почвам горчица черная мало требовательна, приемлет любые типы, но бедные песчаные, засоленные и заболоченные ей не подходят. Высокие

требования у горчицы черной к влагообеспеченности, при этом переувлажненные почвы мало пригодны для ее выращивания [42].

Горчица черная уступает белой и сарептской по конкурентоспособности с сорной растительностью, а также она склонна к сильному осыпанию из-за низкой устойчивости культуры к растрескиванию стручков [36, 209].

С учетом агробиологических особенностей горчицы белой, сарептской и черной агроклиматические условия степного Крыма вполне пригодны для их выращивания. Не вполне благоприятна только влагообеспеченность полуострова. Поэтому необходимо всесторонне изучить особенности формирования продуктивности разных видов горчицы в степном Крыму.

1.3 Влияние агротехники возделывания на продуктивность посевов горчицы

Для максимальной реализации потенциальной продуктивности горчицы необходимо тщательное соблюдение технологии ее возделывания. Простая на первый взгляд она требует строго соблюдения каждого ее элемента, поэтому необходимо тщательное и детальное их изучение. Только при правильном сочетании агротехники с природно-климатическими условиями возделывания можно получать высокие урожаи хорошего качества.

Минеральное питание. Одним из наиболее действенных агроприемов, который значительно повышает урожайность любой сельскохозяйственной культуры, является внесение органических или минеральных удобрений. И.Д. Филипьев и Е.К. Михеев из множества факторов, которые существенно влияют на продуктивность культур и могут быть скорректированы, выделяют именно минеральные удобрения. Они отмечают, что внесение удобрений с учетом почвенно-климатических условий способствует повышению плодородия почвы и как следствие увеличению урожая и улучшению его качества [214].

Горчица хорошо отзывается на минеральные удобрения, есть даже мнение, что она обеспечивает более высокие приросты урожая семян в сравнении с другими культурами [162]. На образование 1 ц ей требуется в 2 раза больше питательных элементов, чем озимой пшенице (N – 7,2 кг, P – 2,8 кг, K – 5,4 кг), и в 3,5 раза больше кальция, магния, бора и серы. Потребность в разных минеральных составляющих у растений горчицы в течение вегетации неодинакова. Исследованиями было доказано, что в начальные фазы роста и развития фосфора и калия требуется мало, основной пик их потребления приходится на период бутонизация – созревание. Азот горчица использует на протяжении всего периода развития и практически равными долями [75]. Наиболее часто в технологии возделывания рекомендуют вносить азот 35-45, фосфор и калий 40-60 кг д.в./га [109, 130, 147, 150, 162, 207, 209], при этом единого мнения о дозах, способах и сроках внесения нет. Более того многие ученые обращают внимание на то, что применять удобрения необходимо с учетом природно-климатических условий, содержания питательных элементов в почве, биологических особенностей культуры и планируемого урожая [50, 157, 162, 179].

Применение азотно-фосфорных удобрений способствует существенному повышению урожайности горчицы. На светло-каштановых почвах Волгоградской области максимальный урожай на уровне 1,87 т/га был получен при внесении N₉₀P₆₀, прибавка в сравнении с неудобренным фоном составила 0,78 т/га [112]. Согласно исследованиям Г.А. Медведева и Н.В. Малышева, проведенным на опытных полях Волгоградской ГСХА в 2006-2008 гг., увеличение нормы внесенных удобрений с N₅₅P₄₀ до N₁₁₀P₈₀ способствовало повышению урожайности горчицы на 0,24-0,37 т/га, однако в засушливых условиях семенная продуктивность была очень низкой 0,09-0,13 т/га и на уменьшенном фоне она была даже несколько больше [114, 115].

На черноземах Южной Степи Украины максимальный урожай маслосемян горчицы белой также обеспечивают высокие дозы удобрений. При внесении N₁₂₀P₆₀ прибавки в зависимости от способа обработки почвы в

сравнении с внесением $N_{60}P_{30}$ и с неудобренным фоном составили 0,14-0,23 т/га и 0,31-0,49 т/га соответственно. Повышенный уровень минерального питания при вспашке способствовал увеличению масличности семян и большему сбору масла с одного гектара. При поверхностной обработке почвы выход масла на фоне $N_{120}P_{60}$ и $N_{60}P_{30}$ находился на одном уровне и был выше контроля [202].

Согласно данным М. Милютина внесение $N_{60}P_{45}K_{30}$ под вспашку и P_{10} при посеве в сравнении с естественным плодородием повышает урожайность горчицы на 0,15 т/га [118].

Priyanka, R. Prakash, R. Yadav, N. Kumar и A. Dhillon считают внесение удобрений в дозе $N_{90}P_{30}K_{30}$ на посевах горчицы сарептской более экономичным и максимально прибыльным, чем внесение низких доз ($N_{60}P_{20}K_{20}$ и $N_{75}P_{25}K_{25}$). В данном варианте на фоне полива солеными водами на разных сортах формировалось большее количество ветвей первого и второго порядка, больше стручков и семян в стручке. Все это в целом положительно сказалось на семенной продуктивности горчицы и ее рентабельности [230].

Ряд исследований указывает на то, что рост урожайности горчицы с улучшением уровня минерального питания отмечается только до определенного момента, с последующим увеличением дозы удобрений отмечается снижение продуктивности культуры.

В рисовых севооборотах Республики Калмыкия максимальный урожай горчицы сарептской на уровне 1,73-2,12 т/га обеспечило внесение удобрений в дозе $N_{80}P_{40}$ при посеве в борозды по таломерзлой почве и с шириной междурядий 0,3 м. Более высокие и более низкие дозы вели к снижению урожайности горчицы. При этом отмечается, что чем меньше доза удобрений, тем больше их окупаемость прибавкой урожая семян. На каждый затраченный килограмм в варианте с $N_{40}P_{10}$ дополнительно было получено 8,8-12,8 кг семян горчицы, тогда как при внесении $N_{80}P_{40}$ этот показатель снизился до 5,5 - 7,3 кг, а и при $N_{120}P_{70}$ – до 3,1-4,1 кг [12].

В зоне рисосеяния Сарпинской низменности на территории Республики Калмыкия внесение азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{70}P_{40}$ в разные годы обеспечило рост урожайности горчицы сарептской на 43,4-57,3 % (0,33-0,75 т/га), а в дозе $N_{100}P_{60}$ – на 63,9-78,3 % (0,62-0,94 т/га) [11].

В центральной Лесостепи Украины в районах неустойчивого увлажнения повышенный уровень минерального питания также был менее эффективен в сравнении с более низкими дозами. При внесении $N_{45}P_{45}K_{45}$ прибавка к контролю составила 0,23 т/га, а при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ она была меньше – 0,14 т/га [198].

О важности наиболее точного определения дозы вносимых удобрений указывают исследования Е.Т. Нурманова и Б.Н. Хамзиной. Согласно их данным значение имеет не только содержание питательных элементов в почве, но и уровень влагообеспеченности культуры, биологические особенности сорта. Так в их исследованиях сорт горчицы сарептской Рушена обеспечил максимальные прибавки в урожае семян на уровне 0,65-0,66 т/га при внесении 120-150 кг д. в./га фосфора, а сорт Профи – 0,66 т/га при внесении 180 кг д. в./га. Отклонения от указанных доз в сторону повышения или уменьшения вели к снижению семенной продуктивности у обоих сортов. Азотные удобрения из-за неблагоприятных условий увлажнения имели низкий эффект, имело место даже некоторое снижение урожайности при их применении [134].

В исследованиях А.Л. Оксимец сорта горчицы белой Сигнал и Каролина одинаково реагировали на уровень минерального питания. Максимальный урожай при ранневесеннем посеве на уровне 1,83 и 1,69 т/га они формировали при внесении $N_{30}P_{45}K_{45}$, в вариантах с внесением $P_{45}K_{45}$, N_{30} и N_{60} урожайность была ниже. Аналогичные закономерности сохранялись и при более позднем сроке сева, но прибавки в урожае были несколько меньше [208].

Белорусские ученые рекомендуют вносить под горчицу $N_{45-60}P_{60}K_{45}$, при этом они отмечают, что в условиях недостаточного влагообеспечения существенную роль в повышении продуктивности культуры играют фосфорные и калийные удобрения, а при достаточном влагообеспечении –

азотные [216]. Это мнение поддерживает и К.М. Филлипова, она рекомендует вносить под горчицу минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}$, но в условиях дефицита почвенной влаги вносимый азот необходимо снизить до 45 кг д. в./га, тогда как фосфор следует оставить на том же уровне [184].

На взаимосвязь погодных условий и влияния минеральных удобрений на продуктивность посевов горчицы указывают многие исследования. Согласно имеющимся данным эффективность действия удобрений изменяется в пределах 25 - 70 % в зависимости от зоны выращивания, запасов продуктивной влаги в почве, количества осадков и температуры воздуха. Установлено, что с улучшением условий увлажнения положительный эффект от применения удобрений растет, а с ухудшением – снижается [181, 183, 208].

Хорошо известен тот факт, что корневые выделения горчицы способствуют переводу труднорастворимых форм фосфора и калия в легкоусвояемые, а глубоко и хорошо развитая корневая система позволяет потреблять воду и элементы питания из глубоких слоев почвы и перераспределять их в пахотный слой [199, 80, 119]. Благодаря этой особенности горчица является хорошим мелиорантом, поскольку после нее остается достаточное количество питательных веществ для последующих культур. Учитывая способность горчицы усваивать труднодоступный фосфор и калий из почвы, логично предположить, что для формирования полноценного урожая она нуждается только в достаточном питании азотом.

В исследованиях Е.И. Луповой, К.В. Наумцевой и Д.В. Виноградова проведенных на опытных полях агротехнологической станции Рязанского ГАТУ максимальный урожай семян горчицы белой (16,9 ц/га) и горчицы сарептской (16,7 ц/га) был получен при внесении азота в дозе N_{120} , прибавка к контролю составила 3,6 и 3,1 ц/га соответственно. Этот вариант был лучшим в сравнении с внесением N_{60} , N_{90} , $P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$ и находился на одном уровне только с внесением $N_{120}P_{60}K_{60}$ [106]. Данные опыты подтверждают существенную значимость азота в формировании высокопродуктивных агрофитоценозов горчицы.

По данным О.Д. Занозиной, А.С. Бушнева и В.С. Трубиной повысить продуктивность горчицы сарептской возможно за счет применения в виде корневой подкормки сульфата аммония в дозе $N_{22}S_{25}$ в фазу всходов и в фазу стеблевания. За счет этого агроприема урожайность у сорта Горлинка повысилась на 0,15 т/га, а у сорта Юнона – на 0,31 т/га. Эффективность дробного внесения сульфата аммония они связывают со снижением действия процессов необменного поглощения ионов почвенными коллоидами и вымыванием элементов минерального питания за пределы почвенного горизонта [66].

Огромное значение азоту в формировании продуктивных агрофитоценозов масличных крестоцветных культур придают и R. Seepaul, S. George и D.L. Wright, отмечая, что его доступность растениям является основным лимитирующим фактором, который контролирует рост, ассимиляцию CO_2 и общую продуктивность культуры. Согласно их данным вегетативная и семенная масса линейно снижается с уменьшением дозы азота. Дефицит данного элемента питания в период вегетации вызывал нарушение физиологических процессов в растениях, что существенно ограничивало их развитие и снижало продуктивность [232].

P. Keerthi, R.K. Pannu, R. Singh и A.K. Dhaka отмечают, что при внесении азота в дозе 40, 60, 80 и 100 кг д. в./га, наиболее эффективна доза 100 кг д. в./га. На данном фоне в растениях накапливалось больше сухого вещества, формировалось больше стручков на растении, возрастала масса 1000 семян, эффективней использовалось тепло [226]. S. I. Sarandon и A.M. Chomого также указывают на положительное влияние азотных удобрений на структурные элементы урожая горчицы и общую семенную продуктивность в целом [231].

Определенный интерес вызывают некорневые подкормки посевов горчицы и применение нетрадиционных удобрений на них. Опрыскивание по вегетации многокомпонентными биоудобрениями позволило повысить урожайность разных сортов горчицы белой на 19,6-24,6 %, в физическом весе прибавки составили 0,32 - 0,38 т/га. Эффект от применения комплексных

жидких удобрений был несколько меньше, но также существенным, дополнительный сбор урожая маслосемян составил 0,23-0,24 т/га или 19,8-21,6 % [126, 127]. Лабораторно-полевые опыты по использованию гумусового препарата, полученного из отходов процесса жизнедеятельности личинок мухи *Hermetia illucens* (Черная львинка), показали высокую отзывчивость горчицы на его внесение: у растений повышалась устойчивость к неблагоприятным условиям среды, сокращался период вегетации, всхожесть возрастала на 43 %, а прирост биомассы – на 21 % [31]. Совместное применение некорневых подкормок в сочетании с традиционным внесением минеральных удобрений, повышало эффективность последних в посевах горчицы черной на 11,4-18,3 % (0,11-0,27 т/га), горчицы белой – на 14,6-26,1 % (0,24-0,42 т/га) и горчицы сарептской – на 7,9-19,4 % (0,10-0,33 т/га) [200].

Неоднозначная реакция горчицы на разные способы внесения, дозы и виды удобрений связана как с биологическими особенностями культуры, так и с особенностями природно-почвенных и климатических условий ее выращивания. Данный факт указывает на необходимость тщательного и всестороннего изучения влияния уровня минерального питания на продуктивность посевов горчицы для каждой конкретной зоны.

В Крыму в 2006-2010 гг. велась разработка усовершенствованной технологии выращивания горчицы белой и горчицы сарептской в суходольных условиях Степной зоны. Изучали четыре срока посева (1 – «февральские окна», 2 – при прогреве почвы на глубине 5 см до 4-6 °С, 3 – через 15 дней после второго срока, 4 – через 30 дней после второго срока) в сочетании с минеральными удобрениями (1 – без удобрений, 2 – внесение с осени под основную обработку $N_{60}P_{60}$, 3 – внесение с осени под основную обработку $N_{60}P_{30}$ и N_{30} при посеве). Максимально продуктивными посевами горчицы были на фоне внесения полной дозы удобрений с осени, в среднем за пять лет урожайность горчицы белой на фоне $N_{60}P_{60}$ составила 1,20 т/га, горчицы сарептской – 1,27 т/га, что было выше контроля на 0,35 и 0,45 т/га соответственно. Дробление азота на осеннее и весеннее внесение

существенного роста урожайности в сравнении с полной дозой с осени не обеспечило [149]. Влияние только азотных удобрений на продуктивность посевов горчицы в условиях степного Крыма до сих пор не изучено.

Нормы высева. Горчица относится к типу ветвящихся растений, которые по сравнению с одностебельными растениями характеризуются сильной изменчивостью признаков и главным образом признака урожайности [157]. Довольно сильно горчица реагирует на норму высева, от которой зависит площадь питания растений, их освещенность, обеспеченность теплом, влагой и другими факторами. Известно, что с увеличением площади питания повышается общая ветвистость растений, возрастает количество ветвей как первого, так и второго, и третьего порядков. И.Б. Тихомировой были определены коэффициенты корреляции и регрессионные уравнения зависимости семенной продуктивности растений горчицы от нормы высева культуры. Согласно полученных данных имеет место сильная корреляционная зависимость, которая имеет обратный характер. Коэффициент корреляции у разных сортов находился в пределах от -0,899 до -0,950, а функциональная зависимость описывалась уравнениями следующего вида: $y = 131,30 - 8,18x$ и $y = 128,10 - 8,54x$, где y – это семенная продуктивность одного растения горчицы, x – норма высева культуры, С увеличением нормы высева культуры существенно снижалось ветвление соцветий, уменьшалось количество стручков, семян и их массы [174].

Формирование оптимальной плотности агроценоза является одним из условий высокой продуктивности горчицы. От количества растений, расположенных на единице площади, зависит их водный и питательный режим и как следствие их развитие и продуктивность. Имеет значение как количество высеянных семян, так и способ посева, и для зон с разными почвенно-климатическими условиями они неодинаковы [11, 73, 88, 97, 162, 215].

По данным Донской опытной станции предпочтение следует отдавать широкорядному способу посева с шириной междурядий 0,70 м и нормой высева 3,5-4,0 кг/га [32].

На более высокую эффективность широкорядного способа посева в сравнении с рядовым указывают Н.И. Велкова и В.П. Наумкин. В их исследованиях при широкорядном посеве с нормой 10 кг/га урожайность при разных сроках сева находилась в пределах 7,81-18,54 ц/га, тогда как при сплошном способе посева с нормой 16 кг/га она была существенно ниже 5,99-15,67 ц/га [18, 21]. Также они отмечают, что с увеличением нормы высева при рядовом способе посева с 15 до 30 кг/га и уменьшением с 15 до 7 кг/га урожай семян снижается [124].

За широкорядный способ посева выступали А.С. Кушнир и А.А. Шатрыкин. По их мнению, за счет данного агроприема можно повысить крупность семян и увеличить общую урожайность культуры [99, 100].

На светло-каштановых почвах Волгоградской области при черезрядном посеве (ширина междурядья 0,30 м) максимально продуктивной горчица сарептская была при норме высева 1,5 млн шт./га, уменьшение до 0,5 млн шт./га вело к существенному снижению урожайности культуры [122]. Е.А. Иванцова указывает, что при данном способе посева оптимальной нормой высева является 1,5-2,0 млн шт./га, на черноземных почвах норму следует увеличить до 2,5 млн шт./га, повышение до 3,0 млн шт./га может вызвать снижение урожайности. Она также отмечает, что изреженные посевы в большей степени повреждаются основными группами фитофагов, чем загущенные [70]. В некоторых исследованиях высоко продуктивными посевы горчицы были при норме высева 1,0-1,5 млн шт./га и ширине междурядий 0,30 м [113].

Согласно опытам Г.В. Сусловой, при посеве горчицы сарептской в степной зоне Саратовского Правобережья наиболее продуктивны посевы с шириной междурядья 0,30 м. Норма высева определяется индивидуальными особенностями сорта, так для сортов Донская 8 и Камышенская 99 она

составила 2,5 млн шт./га (3,02 и 2,89 т/га), а для сортов Южанка и Ракета – 2,0 млн шт./га (2,84 и 3,16 т/га) [172].

По мнению большинства исследователей, выбор способа посева определяется исходя из количества продуктивной влаги в почве и степени засоренности участка [76, 78, 90, 138, 162]. М. М. Русакова, Г. Г. Русакова, Е. Д. Парахневич, Д. В. Парахневич, Л. В. Мазина, Е. В. Губицкая и А. Ф. Цыбенко считают, что на чистых от сорняков и хорошо подготовленных полях посев горчицы сарептской следует проводить сплошным способом с шириной междурядий 0,15 м и нормой 1,5-2,0 млн шт./га (8-10 кг/га). При достаточном уровне влагообеспеченности и на орошении норму следует увеличить до 2,5-3,0 млн шт./га (9-12 кг/га). При сильном засорении полей сорняками в условиях недостаточного увлажнения Поволжья и Ростовской области более эффективен широкорядный способ посева с междурядьем 0,45-0,70 м и нормой высева 1,0 млн шт./га. Семеноводческие посевы также рекомендуют высевать широкорядным способом. Ученые отмечают, что при рядовом посеве основной урожай семян обеспечивается за счет центральной ветви, а при широкорядном – за счет увеличения числа ветвей первого и последующих порядков [162]. В.Г. Картамышев, Л.П. Ильина, Г.В. Бокий, Е.В. Картамышева, М.П. Космодемьянский, Е.Н. Кулина, В.М. Лукомец и др. тоже считают, что на чистых от сорняков полях следует сеять обычным рядовым способом. Они рекомендуют при запасах продуктивной влаги в метровом слое 115-145 мм и промачивании почвы на глубину 1,1-1,4 м высевать 2,5-3,0 млн шт./га, при снижении запаса влаги до 70-90 мм и промачивании почвы на 0,5-0,7 м норму следует снизить до 1,5-2,0 млн шт./га [76, 78, 90, 138].

В зоне рисосеяния Сарпинской низменности на территории Республики Калмыкия высокие показатели семенной продуктивности у горчицы сарептской были отмечены при норме высева 2,5 млн шт./га, в зависимости от уровня минерального питания в среднем за три года исследований она составила 1,15 - 2,02 т/га. С увеличением нормы высева до 3,0 млн шт./га

урожайность снижалась на 9,8-11,0 %, а с уменьшением до 1,5 млн шт./га – на 24,3-28,7 % [11].

В опытах Э.Б. Дедовой и Г.Н. Кониевой лучший результат на посевах горчицы сарептской по рисовым чекам был получен при норме высева 2,5 млн шт./га, средняя урожайность составила 2,0 т/га. С уменьшением этой нормы всего на 0,5 млн шт./га отмечалось снижение урожайности на 0,4 т/га, а при увеличении на это же количество – на 0,2 т/га [53].

По данным Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» горчица белая наиболее адаптирована к почвенно-климатическим условиям Удмуртской Республики, вследствие чего формирует более высокую урожайность семян и зеленой массы по сравнению с горчицей сарептской. Оба вида горчицы были максимально продуктивны при норме высева 3,0-4,0 млн шт./га. Горчица белая формировала урожайность семян на уровне 6,40–6,86 ц/га и зеленой массы – 15,64-17,11 т/га, а горчица сарептская – 4,47–4,89 ц/га и 13,66–14,85 т/га соответственно [60, 61, 62].

В исследованиях Д.Е. Михалькова в зоне каштановых почв Волгоградской области максимально продуктивными посевами горчицы сарептской были с нормой высева 2,0 млн шт./га (1,55 т/га). Уменьшение до 1,0 млн шт./га, как и увеличение до 3 млн шт./га вело к снижению урожайности культуры [120]. Рост продуктивности посевов горчицы сарептской с увеличением нормы высева от 0,5 до 1,5 млн шт./га отмечен в работе А.С. Кочергиной, максимальный урожай семян на уровне 0,83 и 0,88 т/га сорта Славянка и Ракета сформировали при норме высева 1,5 млн шт./га на фоне предпосевной обработки семян биологически активным веществом ФлорГумат [91].

В степных регионах России горчицу сарептскую рекомендуют сеять нормой 1,5-2,0 млн шт./га обычным рядовым способом, отмечая, что в

сравнении с черезрядным способом посева (0,30 м) урожайность выше на 0,3-0,4 т/га, а в сравнении с широкорядным (0,45 м) – на 0,28-0,30 т/га [154].

В условиях лесостепи Среднего Поволжья оптимальной нормой высева для горчицы белой является 2,0 млн шт./га. Согласно данным А.В. Чернышова средняя урожайность при этой норме составила 1,50 т/га, и была выше на 0,44 т/га в сравнении с нормой 1,5 млн шт./га и на 0,04 т/га в сравнении с нормой 2,5 млн шт./га [191].

Наибольший выход маслосемян на уровне 1,74 и 1,86 т/га, согласно многолетним исследованиям, проведенным в Курганской области, горчица белая обеспечивает при нормах высева 2,0 и 4,0 млн шт./га. Увеличение количества высеваемых семян до 6,0 млн шт./га вело к снижению урожайности до 1,64 т/га [57].

По данным Н.П. Жерновой в условиях Южной Степи Украины максимально продуктивными являются посевы горчицы белой с шириной междурядья 0,15 м и нормой 2,0 млн шт./га. Средняя урожайность при ранних сроках сева находилась в пределах 1,75-1,77 т/га. Уменьшение количества высеваемых семян от указанной нормы было неэффективным [202, 215].

И. Киферук, О. Бойчук и В. Иванюк считают, что оптимальной нормой высева для горчицы является 1,8-2,0 млн шт./га. Отклонения от указанной нормы в сторону уменьшения или увеличения ведут к снижению урожайности культуры [204].

Т.В. Козина указывает, что в условиях Лесостепи Украины с экономической точки зрения наиболее интересны посевы горчицы белой с нормами 1,5 и 2,0 млн шт./га. При урожайности разных сортов 1,52-2,55 т/га уровень рентабельности составил 100,4-229,8 % [205]. Ряд ученых отмечают, что производство растительных масел в разы дешевле животных и возделывание масличных культур экономически эффективно [74, 79].

Согласно многолетним исследованиям в неорошаемых условиях юга Украины горчицу сарептскую и горчицу белую следует высевать нормой

1,6 млн шт./га, горчицу черную – 1,8 млн шт./га обыкновенным рядковым способом с шириной междурядий 0,15 м [203].

В предгорной зоне Крыма урожайность посевов горчицы белой на опытных делянках Крымского агротехнологического университета при норме высева 1,6 млн шт./га была довольно низкой – 0,47 т/га [58].

Некоторые исследователи отмечают, что оптимальная густота для посевов горчицы находится в пределах 1,2-1,5 млн шт./га при сплошном способе сева и 0,8-1,0 млн шт./га при широкорядном [210]. М. Абрамик и С. Гуринович считают, что оптимальной для горчицы сарептской и горчицы белой является густота продуктивных растений в пределах 100-120 растений/м² [196]. По данным О.Д. Занозиной, А.С. Бушнева и В.С. Трубиной наилучшей нормой высева, обеспечивающей высокий урожай лучшего качества, для горчицы сарептской является 93 шт./м² [67].

Согласно перспективной ресурсосберегающей технологии производства горчицы густота стояния растений к уборке у горчицы сарептской при сплошном способе посева должна соответствовать 120-140 шт./м², при широкорядном – 70 - 80 шт./м², у горчицы белой при сплошном способе посева – 130-150 шт./м². Чтобы получить заданную густоту, норму высева следует на треть увеличить, т. е. в первом случае высевать из расчета 1,6-1,9 млн шт./га, во втором – 0,95 - 1,05 млн шт./га и в третьем – 1,7-2,0 млн шт./га. Обязательным условием являются хорошо отрегулированные сеялки, которые позволят равномерно распределить семена в почве [138].

В условиях степного Крыма влияние норм высева и уровня азотного питания на семенную продуктивность посевов горчицы по сей день остается не изученным, что делает актуальным установление их оптимальных параметров при совместном применении.

ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Характеристика почвенно-климатических условий места проведения исследований

Полевые опыты проводились на полях отделения полевых культур ФГБУН «Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крыма» в 2017 - 2019 гг. расположенных в Центральной степной зоне Крыма (географическое положение: 45°32' северной широты, 34°12' восточной долготы [56]).

Почвы опытного участка представлены черноземом южным, малогумусным, на четвертичных желто-бурых лессовидных легких глинах. Мощность гумусового слоя (горизонт А) составляет 24–36 см, всего 57–70 см. На пашне содержание гумуса находится в пределах 2,4 – 2,7%.

Результаты агрохимического анализа почвы опытного участка приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Наименование образца (слой почвы)	рН	Гумус, %	Содержание в почве основных элементов питания растений, мг/100 г почвы		
			N–NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
0–10 см	7,3	2,5	0,5	8,1	52,2
10–20 см	7,2	2,6	0,4	7,4	45,3
20–30 см	7,3	2,5	0,3	5,3	37,9

Почвы характеризуются высокой водопроницаемостью и высокой водоудерживающей способностью, в метровом слое могут накапливать 327-383 мм влаги, в полутораметровом 493-578 мм. Однако только половина этого количества доступна растениям, запас доступной влаги составляет 160-180 и 234-270 мм соответственно. Глубина залегания грунтовых вод более 3 м. Согласно данным С.Д. Лысогорова влага с такой глубины растениями не

используется [108]. Механический состав почвы – слабоглинистый. Структура – комковатая, пылевато-порошистая. Объемная масса метрового слоя почвы 1,24 г/см³ [51, 141].

Климат степного Крыма континентальный, умеренно теплый, засушливый, в отдельные годы очень засушливый, лето жаркое. Среднегодовая температура воздуха составляет 11 °С. Самый холодный месяц – январь, средняя температура воздуха составляет 0,5 °С, абсолютный минимум может достигать –24 °С, а максимум +17 °С. Самый теплый месяц – июль, средняя температура воздуха 23,3°С, колеблется в пределах от 22,0 до 24,1 °С, при этом абсолютный минимум может достигать 9 °С, а максимум 38 °С. Осадков за год в среднем выпадает 448 мм, их количество по годам изменяется от 224 до 772 мм. Около 60 % от их годового количества приходится на теплое время года (апрель – октябрь). Вегетационный период со среднесуточными температурами воздуха выше 5 °С составляет 245-253 дня и длится в среднем с 16 марта по 20 ноября. Период активной вегетации (с температурами выше 10 °С) около 192 дней с 15 апреля по 24 октября. Сумма положительных температур за этот период накапливается от 3350 до 3655 °С. Летний сезон со среднесуточными температурами воздуха выше 15 °С длится 130-140 дней с 15 мая по 28 сентября. Вероятность суровой атмосферной засухи в период активной вегетации составляет 50-70 % [197].

В целом почвенно-климатические условия степного Крыма имеют высокий биопотенциал для сельскохозяйственного производства, основным недостатком является проблема влагообеспеченности. По условиям увлажнения крымская степь относится к зоне рискованного земледелия [128].

2.2 Схема опыта, технология возделывания и методика проведения исследований

Для решения поставленных в наших исследованиях задач были проведены следующие полевые опыты:

Опыт 1. Экологическое испытание разных видов горчицы в условиях степного Крыма

В испытании были три вида горчицы: горчица белая сорт Радуга, горчица сарептская сорт Ника, горчица черная сорт Ниагара. Норма высева семян – 2 млн шт./га, посевная площадь делянки – 27 м², учетная – 25 м²., размещение делянок рендомизированное.

Опыт 2. Изучить влияние доз азотного удобрения и нормы высева на продуктивность горчицы белой.

Опыт двухфакторный. Изучались следующие градации факторов: фактор А – доза азотного удобрения (кг д.в./га): А₁ – без удобрений (контроль); А₂ – N₂₀; А₃ – N₄₀; А₄ – N₆₀; А₅ – N₈₀; фактор В – нормы высева (млн всхожих семян на 1 га): В₁ – 0,5; В₂ – 1,0; В₃ – 1,5; В₄ – 2,0; В₅ – 2,5; В₆ – 3,0. Опыт закладывался методом расщеплённых делянок, общая площадь делянки 1-го порядка – 162 м², 2-го порядка – 27 м², учетная площадь – 25 м². В опыте высевался рекомендованный для выращивания в Крыму сорт горчицы белой Радуга.

Опыт 3. Изучить влияние доз азотного удобрения и нормы высева на продуктивность горчицы сарептской.

Опыт двухфакторный. Изучались следующие градации факторов: фактор А – доза азотного удобрения (кг д.в./га): А₁ – без удобрений (контроль); А₂ – N₂₀; А₃ – N₄₀; А₄ – N₆₀; А₅ – N₈₀; фактор В – нормы высева (млн всхожих семян на 1 га): В₁ – 0,5; В₂ – 1,0; В₃ – 1,5; В₄ – 2,0; В₅ – 2,5; В₆ – 3,0. Опыт закладывался методом расщеплённых делянок, общая площадь делянки 1-го порядка – 162 м², 2-го порядка – 27 м², учетная площадь – 25 м². В опыте высевался рекомендованный для выращивания в Крыму сорт горчицы сарептской Ника.

Во всех опытах исследования были проведены в четырехкратной повторности. В опытах 2 и 3 использовали аммиачную селитру с содержанием азота 33,4 %.

Закладка опытов и проведение исследований осуществлялись в

соответствии с методическими указаниями Б.А. Доспехова [54], Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур [116], методики проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами [102]. Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений на опытных участках проводили визуально систематически в двух несмежных повторениях. Учет густоты стояния растений за период вегетации горчицы определяли дважды в фазу образования 3-4 настоящих листьев и в фазу созревания на специально закрепленных площадках в 4-х кратной повторности. Полевую всхожесть рассчитывали по отношению фактической густоты стояния растений в первый срок учета к норме высева семян. Выживаемость растений рассчитывали по отношению количества сохранившихся растений (второй срок учета) к количеству взошедших (первый срок учета).

Количественный и видовой состав сорной растительности определялся в опытах 2 и 3 в два срока совместно с определением густоты стояния растений и на тех же пробных площадках. При учете перед уборкой определялся сухой вес сорняков, для чего срезали их надземную часть по корневую шейку и сушили до воздушно-сухого состояния [102].

Анализ структуры урожая включал: количество растений на 1 м², количество стручков на одном растении, количество семян в стручке, массу 1000 семян.

Жирно-кислотный состав масла горчицы определяли методом газожидкостной хроматографии во ВНИИМК (г. Краснодар) на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000» в соответствии с нормативными методами [45, 46]

Условия увлажнения оценивали по гидротермическому коэффициенту (ГТК), предложенному Г.Т. Селяниновым [49] и шкале для классификации уровней влагообеспеченности по значению ГТК [187].

Статистическую обработку полученных результатов проводили методами дисперсионного и регрессионного анализа [Доспехов Б.А., 1985;

Литтл Т.М и Хиллз Ф.Дж, 1981]. Экономическая эффективность опытов проведена на основании технологических карт возделывания горчицы.

Технология возделывания горчицы была общепринятой для неорошаемых условий Крыма. Предшественником являлась озимая пшеница. Сразу после уборки предшествующей культуры проводили лушение стерни в два следа на глубину 8 - 10 см. В дальнейшем по мере отрастания сорной растительности проводили культивации с увеличением глубины обработки почвы с 8 до 12 см. Весной проводили только одну предпосевную культивацию с одновременным боронованием. Под культивацию, согласно схемам опытов 2 и 3, по делянкам вручную вносили аммиачную селитру. Посев проводили селекционной сеялкой СКС-6-10 в ранние сроки сева, при прогреве почвы в 5-ти см слое до 4-5°C, рядовым способом с шириной междурядий 15 см. После посева поле прикатывали. Перед посевом семена обрабатывали препаратом Кайзер КС из расчета 10 л/т для защиты растений горчицы на ранних этапах развития от почвенных вредителей и крестоцветных блошек. На протяжении вегетации проводились только мероприятия по защите посевов от вредителей. Убирали горчицу комбайном Сампо-130 в фазу полной спелости семян.

2.3 Агроклиматические условия в годы проведения исследований

Погодные условия 2017 года позволили провести сев в начале второй декады марта, в благоприятные для горчицы сроки [149, 177, 213]. На момент посева почва в слое 0-5 см прогрелась до +5 °С, запас продуктивной влаги в слое 0-10 см составлял в среднем 10,3 мм, в слое 0-100 см – 103,7 мм. Март был теплым, почти в 2 раза теплее обычного, среднемесячная температура воздуха превышала среднее многолетнее значение на 3,4 °С. Во второй декаде выпало 11,4 мм осадков (114 % от нормы), что способствовало дружному появлению всходов культуры (рисунок 1, 2, приложение 1, 2).

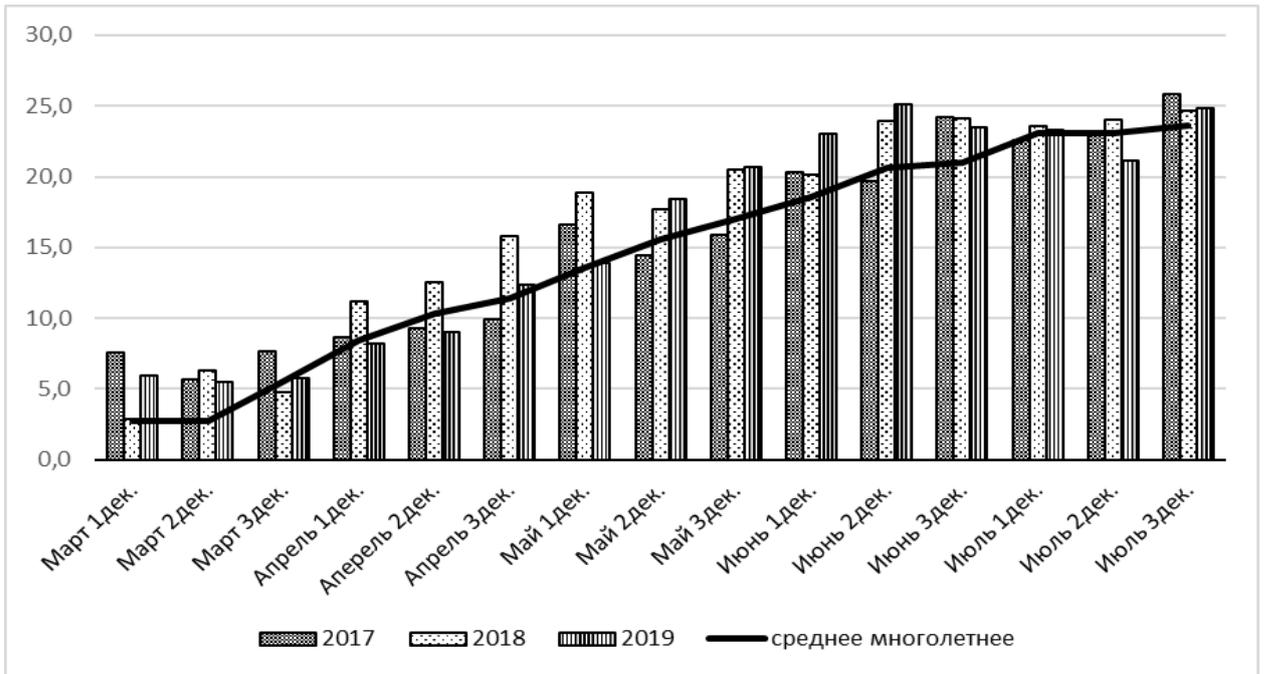


Рисунок 1 – Средняя многолетняя и среднедекадная температура воздуха за годы исследований во время вегетации горчицы, °С

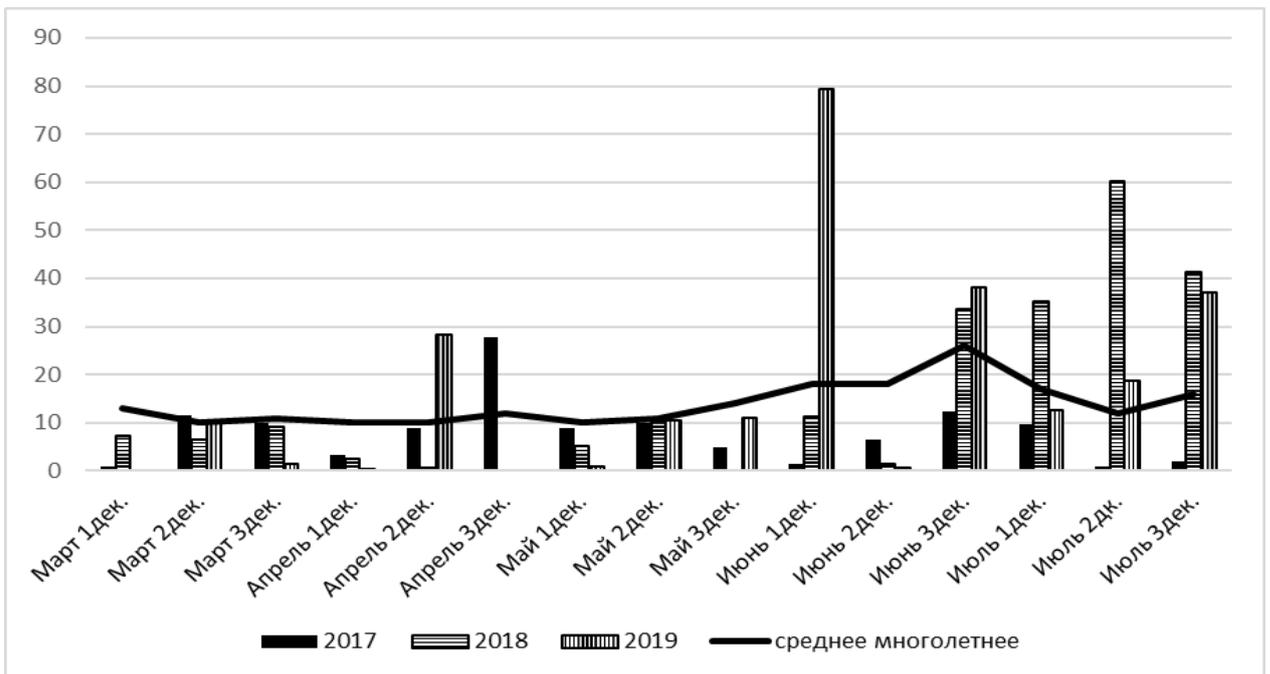


Рисунок 2 – Среднее многолетнее и среднедекадное распределение атмосферных осадков за годы исследований во время вегетации горчицы, мм*

*Примечание – в 2018 году: 23.06. – 24 мм, 07.07. – 33 мм, 13.07. – 33,8 мм, 17.07. – 18,4 мм; в 2019 году: 04.06. – 37 мм, 07.06. – 23 мм, 08.06. – 19 мм, 24.06. – 22мм, 30.07. – 31мм.

Апрель характеризовался как умеренно теплый, среднемесячная температура воздуха составила 9,3 °С и была на 0,8 °С ниже от многолетней, осадков выпало 125 % (39,9 мм) от месячной нормы, причем 69 % (27,7 мм) из них пришлось на третью декаду. В мае температура воздуха соответствовала средним многолетним данным – 15,7 °С при норме 15,4 °С. Осадков выпало 23,6 мм, что составляет 67,4 % от нормы. При этом значительный недобор отмечался только в третьей декаде – 4,9 мм или 35 % от декадной нормы. В июне фактическая температура воздуха составила 21,4 °С, превысив норму на 1,3 °С, а в июле – 23,8 °С, что на 0,5 °С выше нормы. Осадков в эти месяцы выпало почти в три раза меньше нормы 20,5 и 12,6 мм, что составило 33,1 и 28,0 % соответственно. Таким образом только период образования зеленого стручка и созревания проходили в условиях высоких температур на фоне значительного недобора осадков. Для проведения уборочных работ такая погода была благоприятной.

По погодным условиям 2018 год был сложным для роста и развития растений горчицы. Весна характеризовалась повышенным температурным режимом с острым дефицитом осадков, отмечено неблагоприятное погодное явление – засуха. Средняя температура воздуха в марте составила 4,6 °С, что выше нормы на 1 °С. Выпало только 67 % (22,8 мм) осадков в виде частых и малопродуктивных дождей (1-4 мм), которые переувлажняли верхний слой почвы, что затрудняло проведение весенне-полевых работ. Посев удалось провести только в третьей декаде марта в довольно поздние для сева горчицы сроки. На момент посева запас продуктивной влаги в слое 0-10 см был самым высоким за годы исследований, он составил 15,1 мм, в слое 0-100 см содержание влаги было самым низким – 68,4 мм. В апреле средняя температура воздуха была выше многолетней на 3,2 °С и составила 13,2 °С. Осадки практически отсутствовали, за месяц выпало всего 3,1 мм за два дня – 2 и 20 апреля, что оказало негативное влияние на ростовые процессы горчицы. В мае температура воздуха превысила многолетние показания на 3,6 °С, достигнув отметки 19 °С, осадков выпало только 44 % (15,6 мм) от нормы.

Июнь был жарким, средняя температура воздуха составила 22,7 °С, что выше на 2,6°С. Также отмечался недобор по осадкам, выпало только 75 % (46,3 мм) от нормы, причем 73 % (33,7 мм) из них прошли в виде ливневых дождей в третьей декаде. Продолжительный период дефицита влаги и высокий температурный режим оказали отрицательное влияние на рост, развитие и продуктивность растений горчицы. К уборке горчицы белой и черной приступили в третьей декаде июня, а сарептской – в первой декаде июля.

Погодные условия 2019 года в период вегетации горчицы были неоднозначны. Март характеризовался теплой и сухой погодой, осадки наблюдались в основном только во второй декаде – 10,4 мм, 87 % от всей нормы суммы осадков за месяц. В этот же период почва в слое 0-5 см прогрелась до +5 °С. и в конце второй декады был проведен посев горчицы. Запас продуктивной влаги на момент посева в слое 0-10 см составил 11,8 мм, в слое 0-100 см – 95,5 мм. В апреле наблюдалась неустойчивая погода с пониженным температурным режимом и недостаточным количеством осадков 28,3 мм или 88% от нормы, которые выпали в основном во второй декаде – 27 мм. Минимальная температура в приземном слое на высоте 2 см опускалась в первой декаде до -9,5°С, во второй до -2,0°С, в третьей до -3,5°С. Накопление тепла шло медленно, сумма эффективных температур выше 10°С во второй декаде апреля составила всего 7°С, вдвое меньше нормы, и только к концу месяца она достигла 34°С и приблизилась к многолетней сумме. Май был теплым, на 2,2°С выше от среднего многолетнего показателя. Устойчивое нарастание тепла наблюдалось с самых первых дней и, несмотря на выпавшие во второй и третьей декаде осадки (21,6 мм), конец месяца характеризовался жаркой погодой с недобором осадков. В июне установилась очень жаркая погода с обильным выпадением осадков в первой (79,4 мм) и третьей (38,0 мм) декадах. Число дней с температурой 30° и выше составило 22, что на 16 дней больше многолетнего. Ливневый дождь 4-го июня (37 мм) достиг критерия опасного метеорологического явления. Июль характеризовался жаркой погодой с выпадением осадков (68,2 мм), однако следует отметить, что

половина из них пришлась на один день 30 июля (31 мм). Также наблюдалось похолодание во второй декаде июля, среднедекадная температура воздуха составила 21,1°C, что ниже нормы на 1,5°C. В итоге, период от появления всходов и до цветения растения горчицы проходили на фоне пониженных температур и недостаточного увлажнения. Цветение сопровождалось высокими температурами воздуха и также недобором осадков. Созревание проходило при повышенном температурном режиме и избыточном увлажнении (в июне выпало 190 % месячной нормы). Неблагоприятным было и то, что осадки в течение всей вегетации выпадали в основном в виде ливневых дождей, с продолжительными периодами бездожия в период бутонизации и цветения горчицы.

Таким образом, метеорологические условия 2017-2019 гг. существенно отличались и по температурному режиму, и по количеству осадков. Соответственно результаты исследований были получены с учетом разных вариаций условий погоды.

ГЛАВА 3 ПРОДУКТИВНОСТЬ ВИДОВ ГОРЧИЦЫ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ СТЕПНОГО КРЫМА

3.1 Продолжительность фаз развития и периода вегетации видов горчицы

Ростовые процессы культуры находятся под воздействием многих факторов, в том числе и абиотических. С ухудшением условий произрастания растения ускоренно проходят этапы развития, что отрицательно сказывается на их продуктивности. По скорости и времени наступления фенологических фаз, продолжительности вегетационного периода горчицы можно судить насколько условия окружающей среды были благоприятны для роста и развития растений.

Согласно фенологическим наблюдениям меньший промежуток времени от посева до появления всходов потребовался семенам горчицы белой, в годы исследований он составил 11-14 дней. У горчицы сарептской и горчицы черной всходы были получены через 15-20 дней после посева (таблица 2).

Данный факт объясняется как более высокой холодостойкостью культуры (семена горчицы белой способны прорасти при температуре 1-2 °С, для горчицы сарептской и черной требуется больше тепла 2-3 °С [39, 40, 43, 114, 209]), так и скоростью набухания семян (в семенах горчицы белой содержание жирного масла в 1,5-2,0 раза меньше чем в семенах горчицы сарептской и черной и им требуется значительно меньше времени для набухания и развития эмбриональной части).

Ряд исследователей указывает на то, что скорость появления всходов зависит от температурного режима почвы. Для дружного и быстрого прорастания семян необходимо чтобы почва в посевном слое прогрелась до 8-12 °С [138]. В наших исследованиях также подтвердилось положительное влияние высоких температур воздуха на скорость появления всходов горчицы. Самый короткий период прорастания 11-15 дней у всех видов горчицы был в жарком 2018 году.

Таблица 2 – ГТК и продолжительность межфазных и вегетационного периодов разных видов горчицы, (2017-2019гг.)

Показатель	Год	Межфазные периоды					
		посев – всходы	всходы – цветение	цветение – образование зел. стручка	образование зел. стручка – созревание	созревание – полная спелость	Вегетационный период
Горчица белая							
1	2	3	4	5	6	7	8
Продолжительность, сутки	2017	14	49	21	13	16	99
	2018	11	35	17	14	10	76
	2019	13	43	21	23	12	99
ГТК (по Селянинову)	2017	-	1,8	0,4	0,1	0,5	0,7
	2018	0,9	0,1	0,3	0,4	0,1	0,2
	2019	-	1,1	0,3	2,1	0,5	1,1
Горчица сарептская							
Продолжительность, сутки	2017	19	51	21	13	19	104
	2018	15	38	17	16	13	84
	2019	20	46	17	22	17	102
ГТК (по Селянинову)	2017	-	1,3	0,2	0,3	0,5	0,6
	2018	0,3	0,3	0,0	0,3	1,2	0,4
	2019	-	0,7	0,4	0,7	0,8	1,1
Горчица черная							
Продолжительность, сутки	2017	19	44	21	13	16	93
	2018	15	31	17	12	12	72
	2019	20	36	21	23	11	91
ГТК (по Селянинову)	2017	-	1,5	0,4	0,1	0,5	0,7
	2018	0,3	0,1	0,3	0,5	0,0	0,2
	2019	-	1,1	0,3	2,1	0,3	1,1

Наиболее продолжительный промежуток от появления всходов до начала цветения был у горчицы сарептской, он составил 38-51 день. Меньше всего времени потребовалось горчице черной – 31-44 дня. Несмотря на то, что горчица черная всходила позже, чем горчица белая, за счет более короткого периода «всходы – цветение» оба вида зацветали практически одновременно. Последующие фазы развития у них также совпадали.

Продолжительность цветения и образования зеленого стручка у горчицы сарептской незначительно отличалась от продолжительности этих фаз у других видов горчицы, но их наступление было на несколько дней позже во все годы исследований (приложение 3). Созревание происходило за 13-19 дней, у горчицы белой и черной этот период был немного короче 10-16 дней.

Определенное влияние на продолжительность фаз развития оказали и метеорологические условия года. С увеличением показателя ГТК межфазные периоды у всех видов горчицы удлинялись. Исключение составил только период цветения у горчицы сарептской, когда в 2019 году ГТК был самым большим – 0,4, а продолжительность составила 17 дней и была на одном уровне с 2018 годом (ГТК = 0,0) и короче, чем в 2017 году (ГТК = 0,2). Данный факт обусловлен тем, что в 2019 году в последние шесть дней цветения выпало 79 мм осадков, 42 мм из которых пришлось на последние три дня цветения. До этого момента растения горчицы находились в довольно засушливых условиях. Таким образом осадки попали в расчетный период ГТК, но существенного влияния на продолжительность цветения не оказали.

Известно, что высокие температуры воздуха способствуют сокращению межфазных периодов и общей продолжительности развития растений [156]. В жарких условиях 2018 года все фазы развития горчицы всех видов прошли ускоренно, период вегетации был самым коротким за годы исследований, у горчицы черной он составил 72 дня, у белой – 76 дней и у сарептской – 84 дня.

Фенологические наблюдения показали, что дольше всех в условиях степного Крыма вегетирует горчица сарептская, она созревает за 84-104 дня, тогда как горчица белая за 76–99 дней, а черная за 72–93 дня. Несмотря на то, что горчица черная является более скороспелым видом, за счет более позднего появления всходов, она созревает фактически одновременно с горчицей белой. Горчица сарептская готова к уборке на 10–13 дней позже. Вегетация всех видов горчиц в острозасушливых условиях сокращается почти на три недели.

3.2 Формирование агрофитоценозов горчицы белой, сарептской и черной

Одним из элементов, определяющих урожайность сельскохозяйственной культуры, является густота стояния продуктивных стеблей к моменту уборки. Главным агроприемом, влияющим на данный показатель, является норма высева культуры. При этом количество высеянных семян всегда больше количества взошедших и сохранившихся к уборке растений. Это связано с тем, что плотность любого агрофитоценоза формируется под воздействием разных факторов, таких как почвенное плодородие, освещенность растений, обеспеченность их теплотой, влагой, элементами питания и другое, которые необходимо учитывать при выращивании культуры.

Основным проблемным вопросом при формировании оптимального агрофитоценоза горчицы является полевая всхожесть. Технология выращивания данной культуры предусматривает неглубокую заделку семян 3-5 см, как правило в Крыму этот слой почвы быстро пересыхает, что оказывает негативное влияние на прорастание семян.

По результатам подсчетов полевой всхожести выявлена зависимость данного показателя от складывающихся погодных условий в период посева-всходы. В благоприятном по влагообеспеченности 2017 году полевая всхожесть была максимальной у всех видов горчицы и составила 97-98 % (таблица 3). В менее благоприятных по увлажнению условиях 2019 года всхожесть семян была на уровне 89-92 %.

Наиболее сложным для растений горчицы был засушливый 2018 год. Высокая полевая всхожесть на уровне 90 % была отмечена только у горчицы белой. Горчица черная уступала горчице белой по этому показателю, полевая всхожесть составила 80 %, однако разность между видами находилась в пределах ошибки опыта ($НСР_{05}=16\%$).

Таблица 3 – Полевая всхожесть и сохранность растений горчицы, %

Вид горчицы	Полевая всхожесть				Сохранность растений к уборке			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее
Горчица белая	98	90	91	93	99	97	92	96
Горчица сарептская	97	53	92	81	97	95	93	95
Горчица черная	98	80	89	89	97	79	88	88
НСР ₀₅	F _ф <F ₀₅	16	F _ф <F ₀₅	—	F _ф <F ₀₅	10	F _ф <F ₀₅	—

Самая низкая полевая всхожесть 53 % была у горчицы сарептской и она достоверно уступала горчице белой и горчице черной по количеству взошедших растений. Данный факт обусловлен тем, что в силу своих биологических особенностей горчице белой требуется меньше времени для прорастания и ее семена максимально успели использовать почвенную влагу. Семенам горчицы сарептской и черной потребовалось больше времени для прорастания, за этот период верхний слой почвы высох, и многие семена не успели поглотить необходимое для прорастания количество влаги. Горчица сарептская уступала по полевой всхожести горчице черной, поскольку масса 1000 семян у нее выше, а для прорастания необходимо 120 % воды от массы семя [209]. Соответственно для прорастания семенам горчицы черной потребовалось меньшее количество влаги. Также семена горчицы сарептской характеризуются более высокой масличностью. Согласно описанию в государственном реестре селекционных достижений в семенах горчицы сарептской сорта Ника содержится жира 45,1 % [170], а у горчицы черной сорта Ниагара – 32,3 % [169]. Таким образом более жирным семенам горчицы сарептской потребовалось больше времени для набухания и прорастания семян, что в условиях жаркой и сухой весны 2018 года отрицательно сказалось на количестве взошедших растений.

Помимо полевой всхожести большое значение в формировании оптимального агрофитоценоза имеет сохранность растений в период всходы–

созревание. Наши исследования показали, что высокой адаптивностью к условиям выращивания в степной зоне Крыма обладают горчица белая и сарептская, выживаемость растений в среднем за три года составила 95-96 %. Горчица черная менее устойчива к недостаточному увлажнению. В неблагоприятных по осадкам 2018 и 2019 гг. сохранность ее растений была самой низкой 79 и 88 %, соответственно.

Таким образом установлено, что полевая всхожесть семян разных видов горчицы зависит от складывающихся погодных условий в период посев – всходы и биологических особенностей культуры. В условиях жаркой и сухой весны всхожесть семян горчицы сарептской и горчицы черной на 37 и 10 % ниже, чем у горчицы белой. В благоприятных по увлажнению условиях всхожесть всех видов горчицы находится на одном уровне 97-98 (2017 год) и 89-91 (2019 год) %. Горчица белая и сарептская наиболее адаптированы к засушливым условиям степного Крыма, сохранность растений в контрастные по погодным условиям годы находится в пределах 92 - 99 %.

3.3 Содержание жирного и эфирного масел в семенах видов горчицы

Горчица – культура многопланового применения, при этом преимущественно используют ее семена и продукты их переработки. Высокий спрос обусловлен жирным и эфирным маслами, содержащимися в семенах горчицы. Благодаря их качественным характеристикам горчица применяется в различных областях, в том числе технической и пищевой промышленности, медицине и др. Особый интерес представляют эфирные масла, именно они наделяют горчицу фитонцидными свойствами. Отечественными селекционерами ведется активная работа по созданию сортов с высоким их содержанием [37, 38].

Количество жирного и эфирного масел в семенах горчицы является видовым и сортовым показателем, но также оно зависит и от внешних факторов возделывания культуры [89, 122, 136, 186, 215, 223, 224].

Согласно полученным в исследованиях результатам высокомасличной из изучаемых видов является горчица сарептская, в ее семенах содержится 46,9 % жирного масла (таблица 4). Второй по данному показателю идет горчица черная – 39,1 %. Меньше всего жирного масла содержится в семенах горчицы белой – 28,9 %.

Таблица 4 – Содержание и качество масла в семенах видов горчицы, % (2017-2019 гг.)

Показатель	Горчица белая	Коэффициент вариации	Горчица сарептская	Коэффициент вариации	Горчица черная	Коэффициент вариации
Масличность	28,9	7,9	46,9	8,1	39,1	8,5
Эфиромасличность	0,12	1,4	0,62	7,2	0,95	8,4
Эруковая кислота	6,6	10,0	0,13	4,0	36,9	0,6
Олеиновая кислота	58,7	1,6	51,6	2,8	12,4	5,3
Линолевая кислота	11,7	7,6	29,6	5,1	19,4	4,5
Линоленовая кислота	10,9	5,4	11,1	2,0	11,7	6,3

По содержанию эфирного масла лидирует горчица черная – 0,95 %, затем идет горчица сарептская – 0,62 %, и горчица белая – 0,12 %.

Согласно результатам вариационного анализа вышеуказанные признаки у всех видов горчицы являются стабильными, они имеют слабую изменчивость под воздействием метеусловий года, о чем свидетельствуют коэффициенты вариации от 1,4 до 8,5 %.

Ценность горчичного масла обусловлена наличием в нем полиненасыщенных кислот (олеиновой, линолевой, линоленовой), необходимых для нормального и полноценного развития организма человека. Они не вырабатываются в человеческом организме человека и должны

поступать в него с пищей. Биохимический анализ показал, что высоким содержанием олеиновой кислоты характеризуются масла горчицы белой и сарептской 58,7 и 51,6 % соответственно. У горчицы черной этот показатель значительно ниже – 12,4 %. По содержанию линолевой кислоты выделяется масло горчицы сарептской 29,6 %, затем идет горчица черная – 19,4 % и горчица белая 11,7 %. Процент линоленовой кислоты в маслах исследуемых видов горчицы варьирует в пределах от 10,9 до 11,7 %. Данные показатели характеризуются высокой устойчивостью к воздействию внешней среды, о чем свидетельствуют коэффициенты вариации ($V=1,6-7,6$ %).

Таким образом, показано, что содержание растительных жиров и эфирных масел в семенах горчицы определяются преимущественно биологическими особенностями вида. Наибольшее количество жира содержится в семенах горчицы сарептской 46,9 %, эфирного масла – в семенах горчицы черной 0,95 %. Изменчивость показателей качества масла в природно-климатических условиях степного Крыма у всех видов горчицы слабая, коэффициенты вариации до 10 %.

3.4 Урожайность видов горчицы, сбор жирного и эфирного масел

Основным показателем, позволяющим судить о целесообразности выращивания любой культуры, является ее продуктивность. Результаты исследований по величине урожайности показали, что выход семян с единицы площади зависел как от вида горчицы, так и от метеоусловий года. В условиях 2017 и 2019 гг. максимально продуктивной из исследуемых видов была горчица сарептская, урожайность семян составила 1,24 и 0,84 т/га, соответственно (таблица 5). Два других вида по данному показателю достоверно уступали ей, их урожайность находилась на уровне 0,81 и 0,62 т/га у горчицы белой и 0,56 и 0,58 т/га у горчицы черной (таблица 5). Несмотря на то, что урожайность горчицы черной в эти годы была ниже, чем у горчицы белой, разница эта статистически была доказана только в условиях 2017 года

(НСР₀₅ = 0,18 т/га), а в условиях 2018 года – нет (НСР₀₅ = 0,08 т/га). В острозасушливом 2018 году семенная продуктивность у всех видов горчиц была очень низкой от 0,20 до 0,23 т/га, различия по видам были незначительными ($F_{\phi} < F_{05}$).

Таблица 5 – Урожайность семян разных видов горчицы при выращивании в степной зоне Крыма, т/га

Вид горчицы	Год			Среднее
	2017	2018	2019	
Горчица белая	0,81	0,23	0,62	0,55
Горчица сарептская	1,24	0,22	0,84	0,77
Горчица черная	0,56	0,20	0,58	0,45
НСР ₀₅	0,18	$F_{\phi} < F_{05}$	0,08	0,06

Индийские ученые Gill K.K., Kaur B., Sandhu S.S. и Kaur P. указывают на линейный характер снижения урожайности горчицы в результате повышения температуры воздуха и ухудшения условий влагообеспеченности культуры. Ими была даже предложена модель прогнозирования фенологического развития и продуктивности горчицы в условиях возможного глобального потепления [221]. В наших исследованиях также просматривается снижение урожайности горчицы с ухудшением метеоусловий. Наиболее продуктивными горчицы были в 2017 году, который характеризовался средним температурным режимом с осадками. Самый низкий урожай семян был получен в самом жарком и засушливом 2018 году.

Согласно трехлетним исследованиям максимально продуктивной в условиях степного Крыма является горчица сарептская, средняя урожайность которой составила 0,77 т/га. Второй по семенной продуктивности вытупает горчица белая – 0,55 т/га, и самой низкоурожайной оказалась горчица черная – 0,45 т/га.

Другим критерием определения целесообразности выращивания горчицы является сбор растительного и эфирного масел. Данные показатели

определяются как урожаем семян, так и содержанием растительного жира и эфирного масла в них.

Самые низкие значения по сбору растительного и эфирного масел были отмечены в низкоурожайном 2018 году, по видам горчицы они изменялись в пределах 50-86 и 0,2-1,8 кг/га соответственно (таблица 6).

Максимальное количество жира во все годы исследований было получено на посевах горчицы сарептской, его выход составил от 86 до 505 кг/га. Только 2018 году по сбору жирного масла горчица черная фактически не уступала горчице сарептской, разница между ними была не существенной.

Таблица 6 – Сбор растительного и эфирного масел видов горчицы в годы исследований, кг/га

Вид горчицы	Жирное масло				Эфирное масло			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее
Горчица белая	220	50	159	143	1,1	0,2	0,7	0,7
Горчица сарептская	505	86	342	311	6,1	1,3	4,3	3,9
Горчица черная	209	68	181	152	4,8	1,8	4,4	3,7
НСР ₀₅	119	19	54	27	2,7	0,5	1,7	0,7

Сбор жирного масла у горчицы белой и горчицы черной находился статистически на одном уровне, как в среднем, так и по годам исследований. В 2017 году, за счет более высокой урожайности, он был несколько больше у горчицы белой – 220 кг/га. В 2018 и 2019 гг. при практически одинаковой урожайности, за счет более высокого содержания жира в семенах, этот показатель был больше у горчицы черной 68 и 181 кг/га соответственно.

Наибольший выход эфирного масла обеспечили горчица сарептская и горчица черная, в среднем за три года получено с одного гектара 3,9 и 3,7 кг, соответственно. В 2017 и 2019 гг. горчица черная по урожайности маслосемян существенно уступала горчице сарептской, однако благодаря высокому

содержанию эфирного масла в семенах (0,95 %), она обеспечила выход эфирного масла на одном уровне с горчицей сарептской. В 2018 году, когда урожайность всех видов горчицы находилась на одном уровне, горчица черная обеспечила максимальный сбор эфирного масла – 1,8 кг/га. Горчица белая достоверно уступала по данному показателю горчице сарептской и черной во все годы исследований.

Проведенные нами расчеты показали, что наиболее продуктивной в условиях степного Крыма является горчица сарептская, урожайность семян в среднем за три года составила 0,77 т/га, сбор жирного масла – 311 кг/га. Высокий выход эфирного масла, от 1,3 до 6,1 кг/га в зависимости от условий года, обеспечивают горчица сарептская и горчица черная.

ГЛАВА 4 ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И НОРМ ВЫСЕВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ

Одной из главных задач растениеводства в сельском хозяйстве является изучение закономерностей формирования урожаев полевых культур [152]. Понимание продукционных процессов, происходящих в растениях под воздействием разных факторов и знание закономерностей этого воздействия, является основой для разработки способов по оптимизации условий выращивания сельскохозяйственных культур с целью создания высокопродуктивных агрофитоценозов. Изучение влияния азотных удобрений и норм высева на рост, развитие и урожайность горчицы белой, позволит усовершенствовать технологию возделывания данной культуры в суходольных условиях степного Крыма.

4.1 Всхожесть и сохранность растений горчицы белой в зависимости от уровня азотного питания и нормы высева

Основным условием эффективной реализации потенциала продуктивности посевов горчицы белой, как и любой другой культуры, является создание оптимальной структуры агроценоза. От плотности распределения растений на единице площади зависит их обеспеченность светом, водой и элементами питания. На чрезмерно загущенных посевах растения страдают от недостаточного обеспечения жизненно-важными факторами, а на изреженных, серьезную конкуренцию им составляют сорняки.

Плотность агрофитоценоза в основном определяется нормой высева культуры, но также она зависит и от полевой всхожести, и степени сохранности растений с момента появления всходов и до созревания.

Для получения полных и дружных всходов необходимо создание ряда условий, соответствующих биологическим требованиям культуры. В первую очередь это тепло- и влагообеспеченность в период прорастания семян.

Поскольку горчица белая характеризуется как холодоустойчивая культура и ее семена способны прорасти при довольно низких температурах 1–2 °С [39, 209], а основным лимитирующим фактором при возделывании сельскохозяйственных культур в Крыму является недостаточная влагообеспеченность, посев проводили в ранние сроки (при прогреве почвы на глубине 5 см до 4–5 °С) с целью максимального использования зимних запасов влаги в почве.

Всхожесть растений находится под влиянием не только внешних факторов, но и агротехнических приемов возделывания. Положительное влияние ранних сроков сева на полноту всходов и продуктивность посевов горчицы описано во многих трудах [177, 208, 212, 213, 215]. Также имеются сведения о положительном влиянии применения удобрений на полевую всхожесть семян горчицы [11, 68, 114, 124, 177]. В отношении норм высева однозначного мнения нет, по данным одних исследований всхожесть семян с увеличением нормы высева снижается [140, 191], по данным других, наоборот, повышается [11, 144, 172, 173]. Есть также данные о том, что полнота всходов и сохранность растений горчицы не зависит от уровня минерального питания и нормы высева культуры [177, 189, 212, 213].

Наши исследования показали, что полевая всхожесть семян горчицы белой находилась на одном уровне во всех вариантах опыта, и не зависела ни от дозы азота, ни от нормы высева. Уровень ее был довольно высокий. В 2017 году всхожесть изменялась в пределах 91–95 %, в 2018 году – 94–98 % и в 2019 году – 89–95 % (таблица 7, приложение 4). Данный факт свидетельствует о том, что почвенно-климатические условия степного Крыма в период прорастания семян наиболее полно соответствуют биологическим требованиям горчицы белой. Температурный режим и количество запасов влаги в почве являются достаточными для набухания семени и развития его эмбриональной части.

Таблица 7 – Влияние уровня азотного питания, нормы высева и условий года на полевую всхожесть семян горчицы белой, %

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	92	94	90	92	93
	1,0	93	97	92	94	94
	1,5	91	96	91	93	93
	2,0	92	98	90	93	93
	2,5	93	97	92	94	94
	3,0	93	97	93	94	94
	Среднее	92	97	91	93	
N ₂₀	0,5	92	96	92	93	
	1,0	92	97	91	93	
	1,5	93	96	91	93	
	2,0	93	97	93	94	
	2,5	92	95	95	94	
	3,0	93	97	94	95	
	Среднее	92	96	93	94	
N ₄₀	0,5	94	96	92	94	
	1,0	95	97	92	95	
	1,5	92	95	89	92	
	2,0	93	96	95	94	
	2,5	94	96	94	95	
	3,0	92	98	89	93	
	Среднее	93	96	92	94	
N ₆₀	0,5	94	94	94	94	
	1,0	91	98	90	93	
	1,5	94	96	91	94	
	2,0	92	98	89	93	
	2,5	94	96	95	95	
	3,0	91	98	93	94	
	Среднее	93	97	92	94	
N ₈₀	0,5	94	94	92	93	
	1,0	92	97	93	94	
	1,5	92	96	95	94	
	2,0	93	96	90	93	
	2,5	92	98	89	93	
	3,0	94	98	95	96	
	Среднее	93	96	92	94	
Среднее по С		93	96	92	94	

НСР₀₅ (А, В, АВ, АС, ВС, АВС) = F_φ < F₀₅; НСР₀₅ (С) = 1,4

Отмечена сильная теснота связи всхожести семян горчицы белой с условиями периода «посев – всходы». Прямая корреляционная зависимость наблюдается со среднесуточной температурой воздуха ($r = 0,80$) и влажностью почвы ($r = 0,72$) и обратная зависимость с продолжительностью периода появления всходов ($r = -0,71$), при высоких значениях T_r факт. (таблица 8, приложение 5).

Таблица 8 – Агрометеорологические условия и продолжительность периода «посев – всходы»

Год исследований	Среднесуточная температура воздуха, °С	Влажность почвы на момент посева (слой 0–10 см), мм	Продолжительность появления всходов, дней
2017	6,2	10,3	14
2018	8,6	15,1	11
2019	5,9	11,8	13
Коэффициент корреляции с полевой всхожестью семян	0,80	0,72	-0,71

Самая высокая полевая всхожесть семян горчицы белой была в 2018 году, в среднем по опыту она составила 97 %. В этом же году средняя температура воздуха в период от посева до появления всходов (8,6 °С) и влажность почвы на момент посева (15,1 мм) были максимальными за годы исследований. С повышением температуры воздуха увеличивалась не только полнота всходов, но и скорость их появления. Наиболее коротким период от посева до появления всходов был в 2018 году, он составил 11 дней.

Сохранность растений горчицы белой так же, как и полевая всхожесть, в основном зависела от метеоусловий года, существенных различий на участках с разной нормой высева и при разных дозах азотных удобрений по данному показателю не установлено (таблица 9, приложение 6).

Высокая выживаемость растений была отмечена в условиях 2017 года, в среднем по опыту она составила 98 %, варьируя в пределах 96 – 100 %. В этом

Таблица 9 – Влияние уровня азотного питания, норм высева и условий года на сохранность растений горчицы белой, %

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	98	92	94	94	94
	1,0	99	92	92	94	94
	1,5	96	92	93	94	94
	2,0	97	95	91	95	94
	2,5	97	93	92	94	94
	3,0	97	93	92	94	95
	Среднее	97	93	92	94	
N ₂₀	0,5	100	88	96	94	
	1,0	99	92	95	95	
	1,5	99	92	92	94	
	2,0	100	90	93	94	
	2,5	98	95	95	96	
	3,0	98	93	94	95	
	Среднее	99	92	94	95	
N ₄₀	0,5	100	92	94	95	
	1,0	98	91	90	93	
	1,5	97	92	93	94	
	2,0	100	92	93	95	
	2,5	97	91	89	92	
	3,0	98	94	94	95	
	Среднее	98	92	92	94	
N ₆₀	0,5	96	94	89	93	
	1,0	99	93	93	95	
	1,5	99	92	95	95	
	2,0	99	91	93	94	
	2,5	100	94	89	94	
	3,0	97	94	92	95	
	Среднее	98	93	92	94	
N ₈₀	0,5	98	92	93	94	
	1,0	98	91	92	94	
	1,5	98	94	89	94	
	2,0	99	91	85	92	
	2,5	97	92	94	94	
	3,0	99	93	92	95	
	Среднее	98	92	91	94	
Среднее по С		98	92	92	94	

НСР₀₅ (А, В, АВ, АС, ВС, АВС) = F_φ < F₀₅; НСР₀₅ (С) = 1,2

же году влагообеспеченность периода «всходы – цветение» была самой высокой, ГТК = 1,8. Цветение также проходило в более лучших условиях, несмотря на то что, они характеризовались как сухие, ГТК составил 0,4. В 2018 и 2019 гг. этот показатель был несколько ниже (ГТК = 0,3). Данный факт указывает на то, что именно уровень влагообеспеченности в период от появления всходов и до начала образования зеленого стручка оказывает значительное влияние на способность растений горчицы белой противостоять неблагоприятным факторам в процессе жизни (таблица 10).

Таблица 10 – ГТК по фазам развития растений горчицы белой в годы исследований

Год исследований	Всходы–цветение	Цветение – образование зеленого стручка	Образование зеленого стручка – созревание	Созревание – полная спелость	Всходы – полная спелость
2017	1,8	0,4	0,1	0,5	0,7
2018	0,1	0,3	0,4	0,1	0,2
2019	1,1	0,3	2,1	0,5	1,1

В 2018 и 2019 гг. сохранность растений была на одном уровне – 92 %, при этом ГТК периода «всходы – цветение» у них был довольно разным, в 2018 году он составил 0,1, а в 2019 году – 1,1. Следует заметить, что в условиях 2019 года выпадение осадков носило неравномерный характер. Начальные фазы развития растения горчицы белой проходили на фоне длительных периодов бездождя. Это обстоятельство подтверждает предположение о негативном влиянии на жизнестойкость растений недостаточного влагообеспечения в период «всходы – цветение» и объясняет почему сохранность растений в 2018 и 2019 гг. находилась на одном уровне.

Таким образом наблюдения показали, что полевая всхожесть и сохранность растений горчицы белой находятся в тесной зависимости от метеоусловий года. Высокие температуры воздуха и влажность почвы в слое 0–10 см во время прорастания семян положительно влияют на их всхожесть. Выживаемость растений горчицы белой зависит от уровня и характера

влагообеспеченности в период «всходы – цветение» и «цветение – образование зеленого стручка». Чем больше показатель ГТК в эти фазы развития, тем выше сохранность растений к уборке.

4.2 Показатели структуры урожая и урожайность горчицы белой

Элементы структуры урожая наглядно показывают реакцию растений на условия окружающей среды и помогают делать прогноз о формировании будущего урожая. Безусловно, прежде всего, эти показатели зависят от биологических особенностей вида, но также на них влияют и агротехнические приемы.

Одним из основных элементов структуры урожая горчицы является количество стручков на одном растении. Исследования показали, что на процесс формирования стручков значительное влияние оказали нормы высева культуры, доля действия данного фактора составила 51,4 % (рисунок 3).

В значительно меньшей степени на процесс формирования стручков оказали влияние дозы внесения азотных удобрений, доля действия данного агроприема была достоверной, но составила только 2 %.

Количество стручков на одном растении – один из самых переменных элементов урожайности горчицы белой, который находится под влиянием не только агротехнических приемов, но и внешних факторов. Исследования показали, что условия года оказали большее воздействие на процесс формирования стручков, чем применение азотных удобрений, доля действия фактора С (условия года) составила 30,3 %.

В наших экспериментах доказано и влияние на количество стручков на растении парных взаимодействий «норма высева x условия года» (4,8 %), «доза азотного удобрения x условия года» (1,6 %) и даже тройного взаимодействия изучаемых факторов «доза азота x норма высева x условия года» (1,7 %).

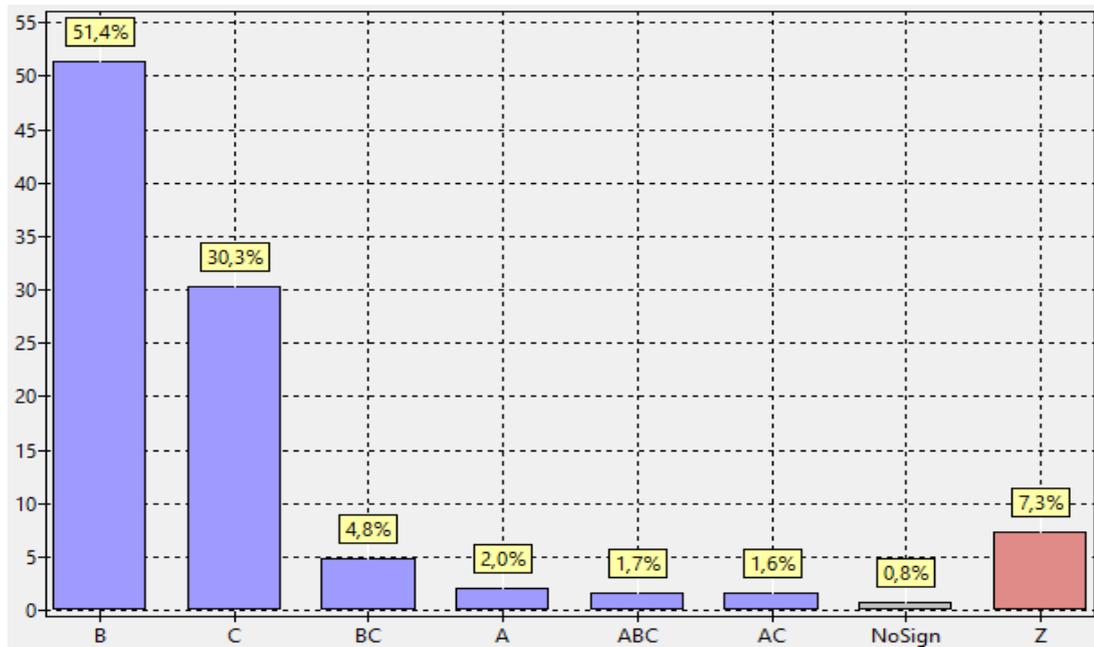


Рисунок 3 – Доля действия факторов (А – доза азотного удобрения, В – норма высева, С – условия года) на формирование количества стручков на растении, %

Известно, что от густоты стояния растений зависит площадь их питания влагообеспеченность и освещенность, как следствие развитие корневой системы и надземной массы.

Наиболее благоприятные условия сложились при высеве семян нормой 0,5 млн шт./га, количество стручков в этом варианте ежегодно было максимальным и в среднем за три года составило 75,3 шт. (таблица 11, приложение 7). С увеличением нормы высева конкуренция за площадь питания среди растений возрастала, а индивидуальная продуктивность снижалась. Достоверное уменьшение количества сформировавшихся стручков на растении обеспечило каждое последующее увеличение нормы высева на 0,5 млн шт./га с 0,5 до 2,5 млн шт./га и только при высеве нормой 3,0 млн шт./га отмечена тенденция к снижению. Таким образом наименьшее количество стручков было на растениях горчицы белой при нормах высева 2,5 и 3,0 млн шт./га, в среднем за годы исследований их численность составила 22,3 и 19,2 шт. соответственно.

Таблица 11 – Количество стручков на одном растении горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, шт.

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	89,5	41,3	78,5	69,8	75,3
	1,0	65,3	26,9	55,3	49,2	56,4
	1,5	44,1	23,3	41,7	36,3	37,4
	2,0	33,3	12,7	29,0	25,0	30,7
	2,5	21,3	7,8	24,5	17,9	22,3
	3,0	19,3	4,8	24,6	16,2	19,2
	Среднее	45,4	19,5	42,3	35,7	
N ₂₀	0,5	88,4	40,5	81,4	70,1	
	1,0	74,4	24,9	65,4	54,9	
	1,5	35,6	19,2	34,6	29,8	
	2,0	36,3	12,4	35,3	28,0	
	2,5	31,6	7,7	22,8	20,7	
	3,0	22,8	5,7	22,1	16,9	
	Среднее	48,2	18,4	43,6	36,7	
N ₄₀	0,5	97,5	42,2	84,0	74,5	
	1,0	75,2	24,3	62,6	54,0	
	1,5	39,2	17,6	44,5	33,8	
	2,0	45,7	13,1	40,4	33,0	
	2,5	24,8	8,5	27,9	20,4	
	3,0	22,6	6,2	24,1	17,6	
	Среднее	50,8	18,6	47,2	38,9	
N ₆₀	0,5	108,1	42,0	94,6	81,5	
	1,0	75,1	28,4	67,0	56,8	
	1,5	59,6	20,3	45,8	41,9	
	2,0	49,3	16,8	40,0	35,4	
	2,5	49,8	9,6	28,6	29,3	
	3,0	39,8	6,2	24,8	23,6	
	Среднее	63,6	20,5	50,1	44,8	
N ₈₀	0,5	108,7	42,5	91,2	80,8	
	1,0	111,6	24,7	65,0	67,1	
	1,5	74,5	15,7	46,2	45,4	
	2,0	41,8	16,0	38,9	32,2	
	2,5	34,6	9,4	25,1	23,0	
	3,0	30,4	7,5	26,7	21,5	
	Среднее	66,9	19,3	48,8	45,0	
Среднее по С		55,0	19,3	46,4	40,2	

НСР₀₅: (А) = 3,02; (В) = 3,19; (С) = 2,21; (АС) = 5,04; (ВС) = 5,46;

В среднем за три года исследований, наибольшее количество стручков сформировалось на фоне внесения N_{60} и N_{80} , их численность составила 44,8 и 45 шт. соответственно, что на 25,5 и 26 % больше контроля. Аналогичная закономерность отмечена в 2017 и 2019 гг., исключение составил 2018 год. Известно, что эффективность применения минеральных удобрений во многом определяется присутствием влаги в почве, при ее отсутствии эффект снижается [181, 183, 208]. В острозасушливых условиях 2018 года положительного влияния азотных удобрений на процесс формирования стручков не отмечено, на всех вариантах опыта с удобрениями, включая контроль, количество стручков находилось на одном уровне и варьировало в пределах от 18,4 (N_{20}) до 20,5 (N_{60}) штук на растении при $НСР_{05}$ для $АС = 5,04$.

Меньше всего стручков сформировалось на растениях в засушливом 2018 году, данный показатель изменялся по вариантам опыта от 4,8 (N_{20} , 3,0 млн шт./га) до 42,5 шт. (N_0 , 0,5 млн шт./га) и в среднем за год достиг значения 19,3 шт. Максимальное количество стручков 108,1, 108,7 и 111,6 сформировалось в условиях 2017 года на фоне внесения азота в дозе N_{60} при норме высева 0,5 млн шт./га и на фоне внесения N_{60} при норме высева 0,5 и 1,0 млн шт./га соответственно. Именно в этих вариантах наиболее благоприятно сложились как факторы внешней среды, так и агротехнические приемы.

Урожайность горчицы белой определяется не только количеством стручков на растении, но и количеством семян в стручке. Данный элемент структуры урожая является наименее изменяющимся, поскольку он обусловлен в основном генетической природой вида. Есть даже мнение, что количество семян в стручке не влияет на урожайность культуры [208, 222]. Согласно другим данным, огромное влияние на процесс формирования семян оказывают условия периода конца фазы удлинения стручка и начала налива семян, его еще отмечают, как критический [157]. Наши исследования показали, что на процесс формирования семян в стручке влияли не только условия года, но и нормы высева (приложение 8).

Максимальное количество семян в среднем по опыту сформировалось в 2019 году – 5,9 штук, когда в период образования зеленого стручка выпали значительные осадки (115,6 мм), а сумма активных температур составила 558,8 °С, что было почти вдвое больше, чем в 2017 и 2018 гг. Остро засушливые условия отрицательно повлияли на процесс формирования семян, в 2018 году их количество в стручке было самым низким 5,2 шт. (таблица 12, приложение 8). Также отмечено снижение данного показателя с увеличением нормы высева культуры. Наибольшее количество семян в стручке сформировали растения с самой низкой нормой высева 0,5 млн семян/га (6,0 шт.). Меньше всего семян было в стручках при высоких нормах высева 2,5 и 3,0 млн шт./га и в среднем их количество составило 5,4 и 5,3 шт. соответственно. Следует отметить, что за все годы исследований численные значения количества семян в стручке были довольно близки и варьировали в пределах 4,6 – 6,6 штук.

Следующим структурным элементом, который влияет как на урожай, так и на его качество, является масса 1000 семян. Данный показатель является сортовым признаком, однако может меняться в зависимости от условий выращивания.

Анализ полученных данных показал, что на массу 1000 семян оказали влияние условия года и уровень азотного питания, а также взаимодействия «доза азота x условия года» и «доза азота x норма высева» (приложение 9).

Наиболее тяжеловесными семена были в малоблагоприятных условиях 2018 и 2019 гг. (сохранность растений горчицы белой была самой низкой за годы исследований – 92 %), их масса в среднем по опыту составила 5,45 и 5,41 г соответственно. В благоприятных условиях 2017 года масса 1000 семян в цифровом значении не сильно отличалась от показателей 2018 и 2019 гг. – 5,26 г, но была достоверно меньше $НСР_{05} = 0,089$ г. (таблица 13). Данный факт подтверждает мнение, что в процессе эволюции растения разных видов и форм выработали удивительное свойство – при любых условиях «заботиться о последующем поколении» [157, 172].

Таблица 12 – Количество семян в стручке горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, шт.

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	6,0	5,6	6,2	5,9	6,0
	1,0	5,4	5,7	5,7	5,6	5,7
	1,5	5,3	5,6	5,4	5,4	5,7
	2,0	5,6	5,0	5,5	5,4	5,6
	2,5	5,4	4,9	5,4	5,2	5,4
	3,0	5,2	4,6	5,2	5,0	5,3
	Среднее	5,5	5,2	5,5	5,4	
N ₂₀	0,5	6,3	5,9	6,2	6,1	
	1,0	5,8	5,4	6,2	5,8	
	1,5	6,0	5,3	6,2	5,8	
	2,0	5,3	5,1	6,3	5,5	
	2,5	5,7	5,1	5,8	5,5	
	3,0	5,2	4,9	5,8	5,3	
	Среднее	5,7	5,3	6,1	5,7	
N ₄₀	0,5	6,5	5,5	6,6	6,2	
	1,0	6,0	5,4	6,1	5,8	
	1,5	5,3	5,4	6,2	5,6	
	2,0	5,5	4,9	6,4	5,6	
	2,5	6,1	5,0	5,2	5,4	
	3,0	5,3	4,6	5,8	5,2	
	Среднее	5,8	5,1	6,0	5,6	
N ₆₀	0,5	6,1	5,6	6,3	6,0	
	1,0	5,6	5,5	5,9	5,7	
	1,5	5,8	5,5	6,1	5,8	
	2,0	5,5	5,4	6,1	5,7	
	2,5	5,8	5,1	5,9	5,6	
	3,0	5,2	5,1	5,8	5,3	
	Среднее	5,6	5,3	6,0	5,7	
N ₈₀	0,5	5,8	5,8	6,1	5,9	
	1,0	5,9	5,7	6,0	5,9	
	1,5	5,8	5,2	6,1	5,7	
	2,0	6,4	5,2	5,6	5,7	
	2,5	5,5	4,9	5,8	5,4	
	3,0	6,0	4,8	5,8	5,5	
	Среднее	5,9	5,3	5,9	5,7	
Среднее по С		5,7	5,2	5,9	5,6	

$HCP_{05}(A, AB, AC, BC) = F_{\phi} < F_{05}$; $HCP_{05}(B) = 0,19$; $HCP_{05}(C) = 0,13$;

Таблица 13 – Масса 1000 семян горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, г

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	4,82	5,26	5,28	5,12	5,31
	1,0	4,94	5,33	5,33	5,20	5,37
	1,5	5,11	5,88	5,45	5,48	5,43
	2,0	5,17	5,50	5,31	5,32	5,41
	2,5	5,03	5,49	5,38	5,30	5,37
	3,0	5,20	5,71	5,43	5,44	5,38
	Среднее	5,04	5,53	5,36	5,31	
N ₂₀	0,5	5,09	5,18	5,38	5,21	
	1,0	5,10	5,51	5,30	5,30	
	1,5	5,15	5,45	5,34	5,31	
	2,0	5,24	5,79	5,38	5,47	
	2,5	5,37	5,22	5,28	5,29	
	3,0	5,28	5,29	5,47	5,35	
	Среднее	5,20	5,41	5,36	5,32	
N ₄₀	0,5	5,16	5,55	5,37	5,36	
	1,0	5,48	5,51	5,37	5,45	
	1,5	5,41	5,53	5,30	5,41	
	2,0	5,39	5,44	5,55	5,46	
	2,5	5,29	5,59	5,39	5,42	
	3,0	5,44	5,62	5,44	5,50	
	Среднее	5,36	5,53	5,40	5,43	
N ₆₀	0,5	5,46	5,38	5,61	5,48	
	1,0	5,34	5,45	5,43	5,41	
	1,5	5,39	5,56	5,24	5,39	
	2,0	5,52	5,43	5,33	5,42	
	2,5	5,46	5,36	5,51	5,44	
	3,0	5,48	5,12	5,50	5,36	
	Среднее	5,44	5,39	5,43	5,42	
N ₈₀	0,5	5,09	5,55	5,45	5,36	
	1,0	5,22	5,72	5,50	5,48	
	1,5	5,29	5,62	5,68	5,53	
	2,0	5,39	5,29	5,44	5,37	
	2,5	5,36	5,25	5,57	5,39	
	3,0	5,31	5,11	5,35	5,25	
	Среднее	5,27	5,42	5,50	5,40	
Среднее по С		5,26	5,45	5,41	5,38	

$HCP_{05}(A) = 0,089$; $HCP_{05}(C) = 0,066$; $HCP_{05}(AB) = 0,186$; $HCP_{05}(AC) = 0,15$.

Как уже было отмечено ранее, на массу 1000 семян оказали влияние не только условия года, но и уровень азотного питания. Достоверное увеличение массы 1000 семян в сравнении с контролем обеспечили дозы N_{40} , N_{60} и N_{80} , правда прибавка составила всего 0,09 – 0,12 г или 1,7 – 2,3 %. При внесении азота в дозе N_{20} масса 1000 семян была практически на одном уровне с контролем – 5,32 г.

Влияние азотных удобрений на полновесность семян зависело от условий года. В 2018 и 2019 гг. масса во всех вариантах с удобрениями находилась на одном уровне (в пределах ошибки опыта) и варьировала от 5,39 до 5,53 г и от 5,36 до 5,50 г соответственно. В 2017 году внесение азота оказало положительное влияние на налив семян, их масса была существенно больше контроля 5,20–5,44 г. При этом увеличение дозы азота до N_{60} способствовало росту массы 1000 семян, а при внесении N_{80} отмечено снижение по этому показателю. Проведенный анализ свидетельствует о том, что только в благоприятных для развития растений горчицы белой условиях азотные удобрения положительно влияют на налив семян. Рост массы 1000 семян с увеличением уровня азотного питания происходит до определенного момента, азот в дозе N_{80} значимого повышения массы 1000 семян не обеспечивает.

В научной литературе встречаются заключения, что с увеличением нормы высева масса 1000 семян у горчицы снижается [172]. В наших исследованиях такой закономерности не выявлено. Более того, масса семян на неудобренном фоне при высеве самой низкой нормой 0,5 млн шт./га была наименьшей 5,12 г.

Следует отметить, что показатели массы 1000 семян, также, как и показатели количества семян в стручке, были довольно близки. Они изменялись по вариантам опыта и годам исследований в пределах от 4,82 (2017 год, N_0 , 0,5 млн шт./га) до 5,88 г (2018 год, N_0 , 1,5 млн шт./га).

Основным показателем, позволяющим судить о реакции культуры на изучаемые агроприемы, является урожайность. Максимальный урожай можно получить, как за счет повышения продуктивности растений, так и за счет

создания оптимальной плотности продуктивного стеблестоя к моменту уборки культуры.

Материалы, полученные нами в проведенных исследованиях, свидетельствуют, что наибольшее влияние (74,1 %) на урожайность горчицы белой оказали условия года (рисунок 4).

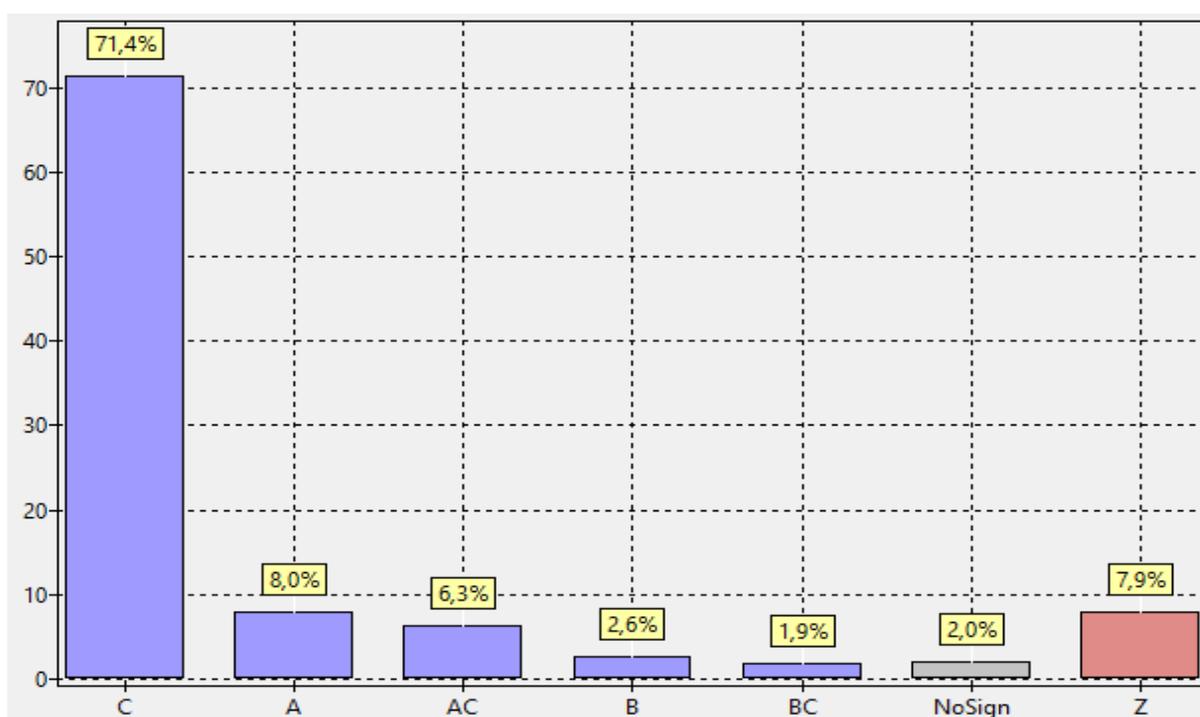


Рисунок 4 – Доля действия факторов (А – доза азотного удобрения, В – норма высева, С – условия года) на урожайность семян горчицы белой, %

Доля влияния элементов агротехнологии значительно ниже. Для дозы азота удобрений она составила 8,0 %. Еще меньше величина урожайности горчицы белой зависела от нормы высева, на 2,6 %. Совместное влияние на продуктивность горчицы условий года и дозы азотного удобрения составило 6,3 %, а условий года и нормы высева – 1,9 %. Влияние взаимодействия агроприемов «доза азота × норма высева» на урожайность горчицы белой статистически не доказано.

Наиболее благоприятным для формирования продуктивности горчицы белой был 2017 год, средняя урожайность по опыту составила 0,82 т/га, колебания по вариантам находились в пределах 0,48–1,19 т/га. В

острозасушливых условиях 2018 года урожайность была самой низкой 0,23 т/га с незначительными изменениями по вариантам 0,20–0,27 т/га (таблица 14, приложение 10).

Применение азотных удобрений обеспечило рост урожайности на 23,8 – 52,3 % (0,1 – 0,22 т/га) в сравнении с контролем. Отмечается закономерное повышение урожайности культуры с повышением дозы внесения азотного удобрения с 20 до 60 кг/га д. в. При внесении 20 кг/га д.в. азотного удобрения урожайность повысилась на 0,1 т/га. Применение дозы азота 40 кг/га д. в. повысило урожайность на 0,05 т/га в сравнении с предыдущей дозой. Последующее увеличение дозы до 60 кг/га д. в. способствовало повышению урожайности на 0,06 т/га. А при внесении азота в дозе 80 кг/га д. в. прибавка урожайности по отношению к предыдущей дозе составила 0,01 т/га, но была не существенна. Таким образом максимальная прибавка в величине урожайности 0,21 т/га была получена на фоне N₆₀, внесение азота в дозе N₈₀ достоверного увеличения урожайности не обеспечило.

Несмотря на то, что самые высокие показатели по таким элементам структуры урожая, как количество стручков на одном растении и количество семян в стручке, были отмечены при норме высева 0,5 млн шт./га, в среднем за 2017-2019 гг. оптимальный урожай растения горчицы белой сформировали при норме высева 2,0 млн шт./га – 0,6 т/га. При увеличении до 2,5 млн шт./га урожайность снижалась, но статистически это не доказано, разница составила 0,02 т/га при НСР₀₅ для фактора В = 0,029. Все другие отклонения от 2,0 млн в ту или другую сторону обеспечивали достоверное снижение урожайности горчицы белой.

Данный факт объясняется тем, что высокая продуктивность растений при низких нормах высева нивелировалась малым количеством растений на единице площади. При этом следует отметить, что сильное загущение, в свою очередь, нивелировалось низкой продуктивностью растений.

Таблица 14 – Урожайность горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, т/га

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	0,48	0,23	0,26	0,32	0,46
	1,0	0,56	0,25	0,39	0,40	0,54
	1,5	0,57	0,23	0,50	0,44	0,57
	2,0	0,63	0,23	0,55	0,47	0,60
	2,5	0,55	0,21	0,53	0,43	0,58
	3,0	0,54	0,24	0,55	0,44	0,57
	Среднее	0,55	0,23	0,46	0,42	
N ₂₀	0,5	0,62	0,25	0,42	0,43	
	1,0	0,67	0,22	0,58	0,49	
	1,5	0,64	0,23	0,62	0,50	
	2,0	0,75	0,24	0,63	0,54	
	2,5	0,86	0,21	0,67	0,58	
	3,0	0,83	0,20	0,67	0,56	
	Среднее	0,73	0,22	0,60	0,52	
N ₄₀	0,5	0,57	0,23	0,46	0,42	
	1,0	0,89	0,22	0,65	0,59	
	1,5	0,82	0,24	0,72	0,59	
	2,0	0,93	0,24	0,73	0,63	
	2,5	0,84	0,23	0,75	0,61	
	3,0	0,79	0,23	0,76	0,59	
	Среднее	0,81	0,23	0,68	0,57	
N ₆₀	0,5	0,92	0,23	0,55	0,57	
	1,0	0,90	0,24	0,60	0,58	
	1,5	0,98	0,25	0,67	0,63	
	2,0	1,09	0,22	0,73	0,68	
	2,5	0,97	0,22	0,72	0,64	
	3,0	1,05	0,22	0,72	0,66	
	Среднее	0,99	0,23	0,66	0,63	
N ₈₀	0,5	0,82	0,24	0,58	0,55	
	1,0	1,06	0,27	0,58	0,63	
	1,5	1,19	0,26	0,66	0,70	
	2,0	1,09	0,22	0,72	0,68	
	2,5	1,07	0,21	0,72	0,66	
	3,0	0,90	0,23	0,70	0,61	
	Среднее	1,02	0,24	0,66	0,64	
Среднее по С		0,82	0,23	0,61	0,55	

НСР₀₅: (А) = 0,034; (В) = 0,029; (С) = 0,025; (АС) = 0,057; (ВС) = 0,058

Влияние азотных удобрений и нормы высева на урожайность посевов горчицы белой находится в опосредованной условиями года тесной зависимости. По данным наших исследований максимальная урожайность была отмечена в 2017 году на фоне внесения N_{80} , она составила 1,06 т/га и находилась в пределах ошибки опыта только с урожайностью при внесении N_{60} – 0,99 т/га при $НСР_{05} AC = 0,057$ т/га. В 2019 году самая высокая урожайность была сформирована при внесении N_{40} – 0,68 т/га. При последующем увеличении дозы азота отмечено снижение продуктивности посевов. В засушливом 2018 году азотные удобрения не оказали существенного влияния на урожайность горчицы белой, она варьировала в пределах 0,22 – 0,24 т/га.

Следует отметить, что наибольшую окупаемость вносимого азота прибавкой урожая семян горчицы белой обеспечило внесение минимальной дозы удобрений N_{20} , каждый килограмм затраченного азота окупался 5 кг урожая семян горчицы белой (рисунок 5).

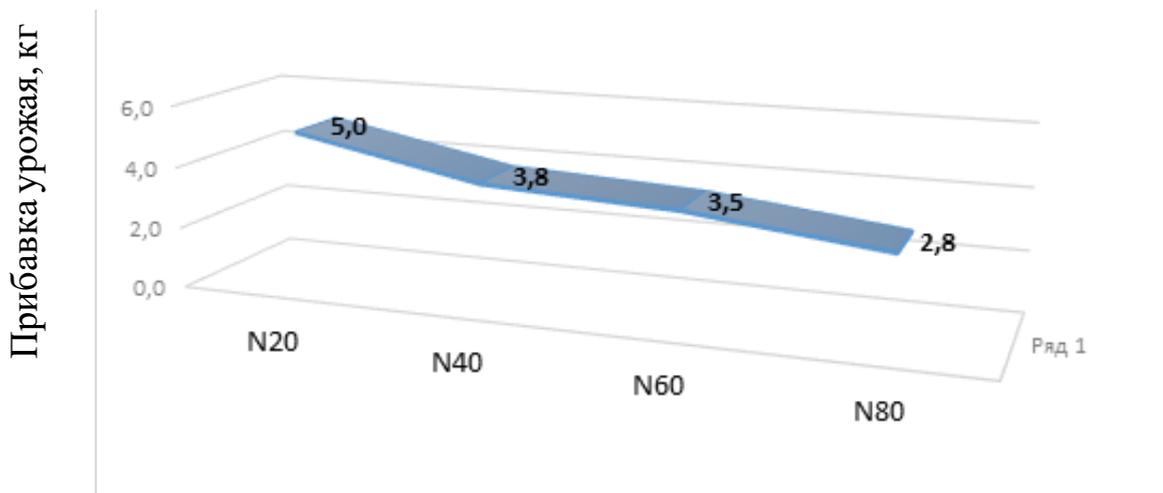


Рисунок 5 – Окупаемость доз азотных удобрений прибавкой урожая семян горчицы белой, кг/кг (2017 – 2019 гг.)

С последующим увеличением дозы внесения азотных удобрений окупаемость снижалась, минимальной она была при внесении N_{80} и составила 2,8 кг семян горчицы за каждый внесенный килограмм азота.

Применение методов математической статистики позволило нам оценить степень и характер воздействия доказанных парных взаимодействий на продуктивность горчицы белой.

Для описания закономерностей влияния уровня азотного питания на урожайность горчицы белой в зависимости от условий года наиболее подходит регрессионная модель (1), которая имеет следующий вид:

$$Y = 0,11209 + 0,297958 * I_g - 0,0565414 * N^{0,5} + 0,0846594 * (N * I_g)^{0,5} \quad (1)$$

где, Y – урожайность семян горчицы белой, т/га;

I_g – индекс года;

N – доза вносимого минерального азота, кг д. в./га.

Данное уравнение, количественно описывающее зависимость урожайности горчицы белой от уровня азотного питания и метеоусловий года, значимо с вероятностью 95 %. Выявленная нами зависимость в 91 % случаев детерминирует зависимость вариабельности урожайности культуры от совместного воздействия гидротермических условий года и дозы азотного удобрения (приложение 11). График зависимости представлен на рисунке 6.

Для совместного влияния дозы азота и гидротермических условий года характерно, что по мере улучшения условий года для произрастания растений урожайность горчицы белой повышается на всех уровнях обеспеченности азотом. Наибольшего прироста она достигает при высоких дозах азотного удобрения. Рост продуктивности горчицы с повышением дозы внесения азота носит преимущественно нелинейный характер, который наиболее характерен для более благоприятных условий произрастания.

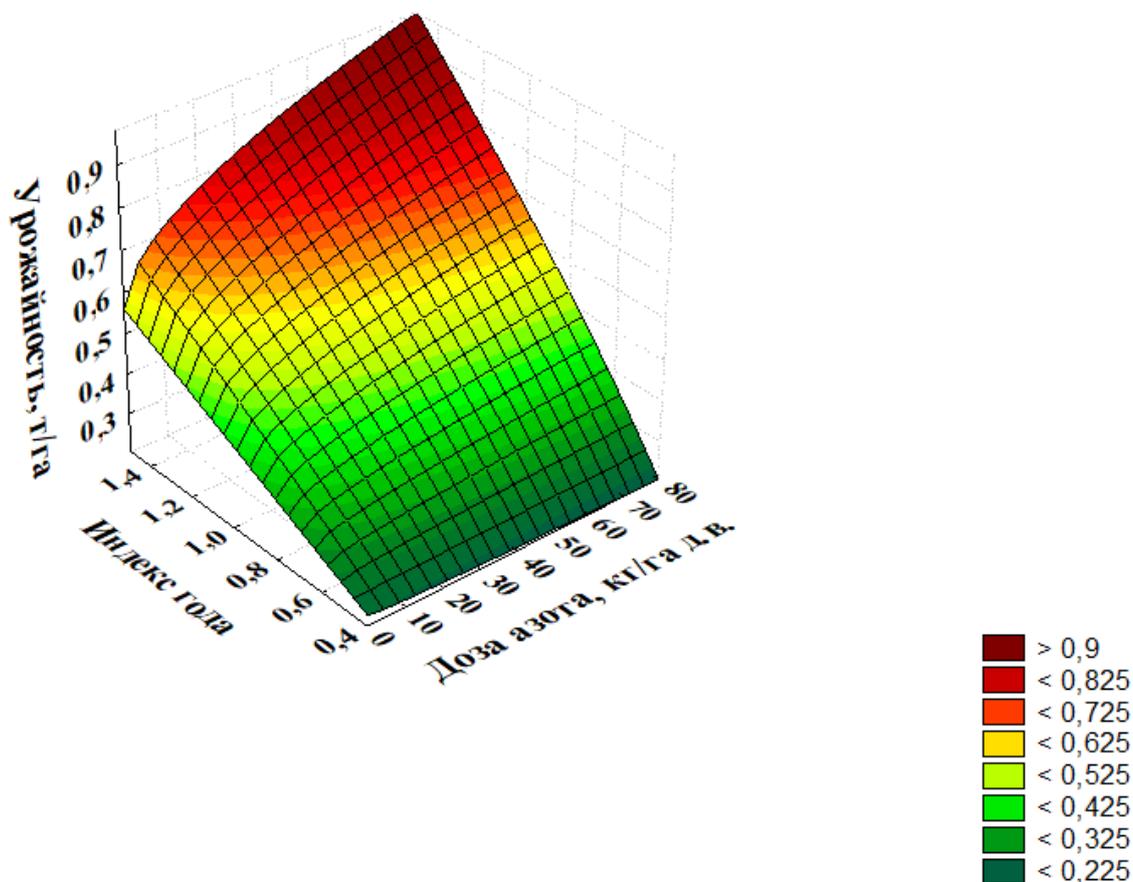


Рисунок 6 – Зависимость урожайности семян горчицы белой от совместного воздействия условий года и дозы азотного удобрения.

При неблагоприятных условиях внесение азотных удобрений не сопровождается ростом урожайности культуры. По мере улучшения условий произрастания урожайность повышается по мере увеличения дозы азота.

Закономерность влияния нормы высева на урожайность горчицы белой в зависимости от условий года описывается количественно следующим уравнением регрессии (2):

$$Y = 0,0933152 - 0,102336 \cdot N + 0,287161 \cdot I_g + 0,288645 \cdot (N \cdot I_g) - 0,0342865 \cdot (N \cdot I_g)^2 \quad (2)$$

где, Y – урожайность семян горчицы белой, т/га;

I_g – индекс года;

N – норма высева семян, млн шт./га.

Данное уравнение на 95 % доверительном уровне описывает зависимость урожайности горчицы белой от нормы высева и метеоусловий года. Выявленная нами зависимость детерминирует порядка 81 % вариабельности урожайности горчицы белой при совместном воздействии нормы высева и условий года (приложение 12). График зависимости представлен на рисунке 7.

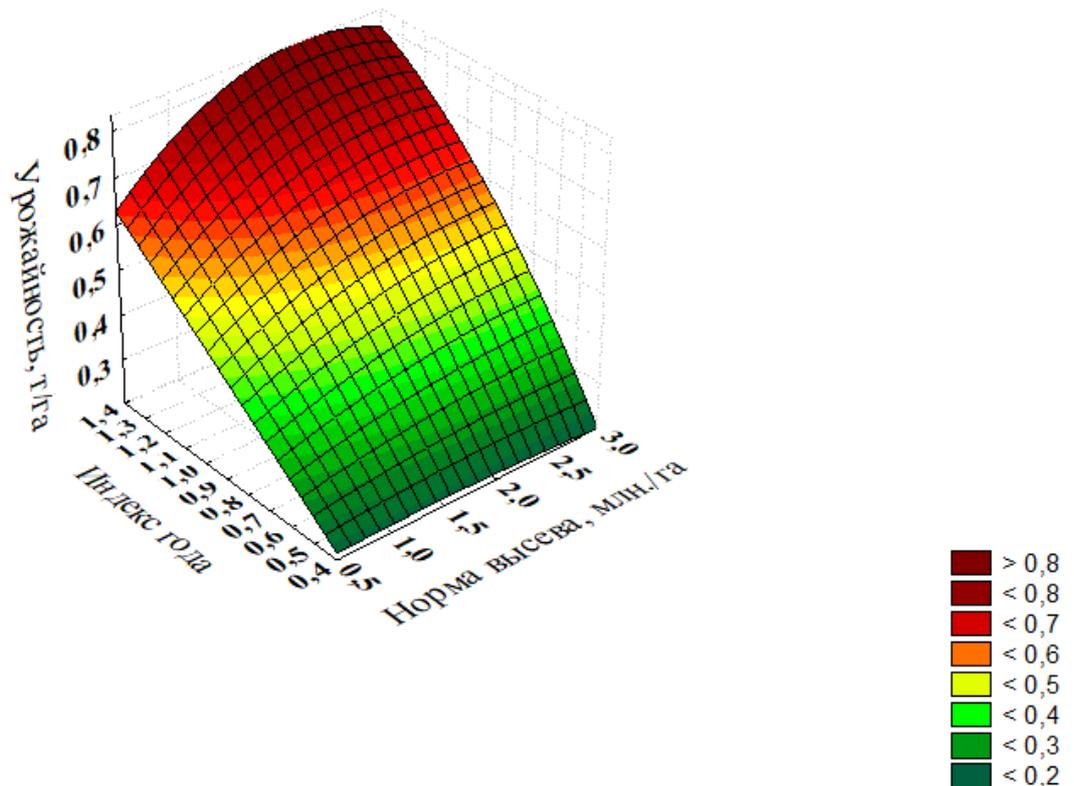


Рисунок 7 – Зависимость урожайности семян горчицы белой от совместного воздействия условий года и нормы высева.

Анализ взаимного действия факторов «норма высева x индекс года» показывает, что увеличение нормы высева от 0,5 до 2,0 млн шт./га по-разному влияет на урожайность горчицы белой в зависимости от складывающихся условий года. При относительно неблагоприятных условиях урожайность культуры несколько повышается ближе к средним величинам нормы высева и снижается к высоким. В относительно благоприятные годы урожайность горчицы заметно повышается до несколько выше средних значений нормы

высева и при дальнейшем ее увеличении до максимальных значений не только не растет, но даже в некоторой степени снижается.

В целом, нашими исследованиями установлено, что семенная продуктивность одного растения имеет обратную связь с нормой высева культуры. Чем больше семян мы высеем, тем меньше мы их получаем на растении. Так при наибольших нормах высева (2,5 и 3,0 млн) формируется минимальное количество стручков – 22,3 и 19,2 шт. на растении. При этих же нормах высева формируется и наименьшее количество семян в стручке 5,4 и 5,3 шт. соответственно. Снижение индивидуальной продуктивности компенсирует увеличение густоты стояния растений, оптимальный урожай семян горчицы белой на уровне 0,6 т/га обеспечивает норма высева 2 млн шт./га. Эффективность внесения азотных удобрений находится в тесной зависимости со складывающимися метеорологическими условиями в период вегетации горчицы. Максимальные прибавки в урожае азотные удобрения обеспечили в благоприятном для развития горчицы белой 2017 году, рост урожайности составил 33 – 85 % (0,18 – 0,47 т/га). В засушливых условиях (2018 год) прибавка в урожае от применения азотных удобрений равна нулю. В среднем за три года исследований оптимальная урожайность на уровне 0,63 т/га была сформирована при внесении N_{60} , прибавка составила 0,21 т/га (50 %). При этом максимальную окупаемость 1 кг вносимого азота прибавкой урожая семян горчицы белой обеспечило внесение минимальной дозы удобрений (N_{20}) – 5 кг/кг.

4.3 Засоренность посевов горчицы белой при разных нормах высева и дозе азотного удобрения

Основную конкуренцию за факторы жизни культурным растениям составляют сорняки. По выносу питательных веществ они довольно часто занимают лидирующее положение [84]. Чем больше сорных растений находится в культурных посевах, тем ниже продуктивность этих посевов. Во

многим от степени засоренности зависит не только количество собранного урожая, но и его качественные характеристики. Поэтому обязательной составляющей в технологии выращивания должна быть борьба с сорняками.

Одним из способов контроля сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур является применение гербицидов. При этом важным элементом в технологии выращивания является разработка агроприемов направленных на снижение негативного влияния сельскохозяйственной деятельности человека на экологию [5, 133].

Известно, что горчица белая при хорошо развитом плотным травостое вегетативной массы способна подавлять сорные растения, а введение данной культуры в севооборот способствует общему снижению засоренности полей [25, 59, 148, 188, 201]. Однако чрезмерно высокая густота стояния растений оказывает негативное влияние на процесс ветвления и образования стручков и ведет к снижению общей продуктивности посевов горчицы [11, 111, 121, 215]. Применение удобрений улучшает питание растений горчицы и соответственно способствует ее более интенсивному развитию, но они также являются источником питания и для сорной растительности. Поиск оптимальных параметров внесения минеральных удобрений и расхода посевного материала позволит увеличить урожайность культуры и повысить ее конкурентную способность к сорнякам.

В наших исследованиях сорняки в посевах горчицы белой были представлены различными видами, которые показаны в приложении 13. В целом в посевах горчицы ежегодно преобладали малолетние сорняки, их доля по годам исследований находилась в пределах 80,8 – 94,1 % при первом учете (3-4 настоящих листа) и 92,7 – 98,9 % при втором учете – перед уборкой культуры (таблица 15). Абсолютными лидерами среди сорняков были марь белая (*Chenopodium album* L.) и горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus* L.) В 2017 и 2019 гг. доля мари составила 89,6 и 71,0 % при первом учете, и 95,8 и 82,6 % при втором учете. В 2018 году на долю горца вьюнкового пришлось 62,2 и 64,0 %, соответственно.

Таблица 15 – Засоренность посевов горчицы белой

Группа сорняков	2017 г.				2018 г.				2019 г.			
	фаза 3-4 листьев		перед уборкой		фаза 3-4 листьев		перед уборкой		фаза 3-4 листьев		перед уборкой	
	шт./м ²	%	шт./м ²	%	шт./м ²	%	шт./м ²	%	шт./м ²	%	шт./м ²	%
Всего сорняков:	85,4	100	147,6	100	23,2	100	34,8	100	21,4	100	40,8	100
в том числе:												
Многолетние												
Корне- отпрысковые	5	5,9	1,6	1,1	2,3	9,9	1,5	4,3	4,1	19,2	3	7,3
Малолетние												
Всего малолетних:	80,4	94,1	146,0	98,9	20,9	90,1	33,3	95,7	17,3	80,8	37,8	92,7
из них:												
Ранние яровые	79	92,5	145	98,2	20,1	86,5	32,5	93,3	17	79,4	37,2	91,2
Поздние яровые	0,5	0,6	0,3	0,2	0,7	3,0	0,7	2,1	0	0,0	0,4	1,0
Зимующие	0,9	1,0	0,7	0,5	0,1	0,6	0,1	0,3	0,3	1,4	0,2	0,5

Анализ данных первого учета в фазу трех-четырех листьев показал, что количество взошедших сорняков не зависело ни от уровня азотного питания, ни от густоты стояния растений горчицы белой. На засоренность посевов значительное влияние оказали только метеоусловия года. Влияние главного эффекта дозы азотного удобрения не доказано, а во взаимодействии с условиями года – существенно (приложение 14).

Максимальное количество сорняков отмечено в 2017 году, их численность в среднем по опыту при первом учете составила 85,4 шт./м² и изменялась по вариантам от 48 до 128 шт./м². В 2018 и 2019 гг. сорняков было значительно меньше 23,2 и 21,4 шт./м² и варьирование намного ниже – от 10 до 42 и от 6 до 48 шт./м² соответственно (таблица 16). Высокая засоренность в 2017 году скорее всего была обусловлена осадками марта и апреля. В 2017 году за эти два месяца выпало 62 мм, тогда как в 2018 – только 25,9 мм. В 2019 выпало 40,2 мм и имели место продолжительные периоды (более двух недель) без дождей.

Помимо условий влагообеспеченности количество взошедших сорняков на одном квадратном метре зависит также и от степени засоренности поля, и от характера распределения семян сорных растений на нем. Согласно результатам статистического анализа азотные удобрения существенное влияние на засоренность посевов горчицы белой оказали только в условиях 2017 года. Контроль по количеству сорняков превысил всего один вариант с внесением N₄₀ – 96,3 шт./м². При этом на фоне внесения N₈₀ сорняков было несколько меньше, чем в контроле 69,7 шт./м² и достоверно меньше, чем на фоне N₂₀, N₄₀ и N₆₀. Данное обстоятельство указывает на то, что статистически значимое влияние азотных удобрений на количество взошедших сорняков в зависимости от условий года носит случайный характер. Засоренность посевов была обусловлена в основном неравномерным распределением семян сорных растений по полю, а не уровнем азотного питания.

Таблица 16 – Количество сорняков в посевах горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года (1-й учет), шт./м²

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	82,0	22,0	25,0	43,0	46,6
	1,0	85,0	25,0	20,0	43,3	42,5
	1,5	69,0	24,0	13,0	35,3	42,7
	2,0	52,0	25,0	48,0	41,7	42,9
	2,5	108,0	16,0	23,0	49,0	42,3
	3,0	73,0	19,0	23,0	38,3	43,3
	Среднее	78,2	21,8	25,3	41,8	
N ₂₀	0,5	91,0	20,0	26,0	45,7	
	1,0	92,0	15,0	27,0	44,7	
	1,5	99,0	16,0	18,0	44,3	
	2,0	93,0	12,0	37,0	47,3	
	2,5	70,0	20,0	17,0	35,7	
	3,0	105,0	10,0	18,0	44,3	
	Среднее	91,7	15,5	23,8	43,7	
N ₄₀	0,5	80,0	31,0	27,0	46,0	
	1,0	85,0	23,0	37,0	48,3	
	1,5	101,0	19,0	16,0	45,3	
	2,0	76,0	23,0	14,0	37,7	
	2,5	128,0	16,0	6,0	50,0	
	3,0	108,0	32,0	22,0	54,0	
	Среднее	96,3	24	20,3	46,9	
N ₆₀	0,5	108,0	42,0	21,0	57,0	
	1,0	57,0	15,0	14,0	28,7	
	1,5	80,0	33,0	23,0	45,3	
	2,0	111,0	32,0	27,0	56,7	
	2,5	110,0	19,0	16,0	48,3	
	3,0	82,0	29,0	14,0	41,7	
	Среднее	91,3	28,3	19,2	46,3	
N ₈₀	0,5	62,0	35,0	27,0	41,3	
	1,0	104,0	23,0	15,0	47,3	
	1,5	74,0	39,0	16,0	43,0	
	2,0	59,0	18,0	16,0	31,0	
	2,5	48,0	21,0	16,0	28,3	
	3,0	71,0	23,0	21,0	38,3	
	Среднее	69,7	26,5	18,5	38,2	
Среднее по С		85,4	23,2	21,4	43,4	

$HCP_{05}(A, AB, BC) = F_{\phi} < F_{05}$; $HCP_{05}(C) = 6,64$; $HCP_{05}(AC) = 15,96$

Второй учет показал, что к моменту уборки культуры количество сорняков возросло на всех вариантах опыта и во все годы исследований почти в два раза. В среднем по опыту их количество в 2017 году составило 147,6, в 2018 – 34,8 и в 2019 – 40,8 шт./м² (таблица 17).

Согласно результатам дисперсионного анализа, на количество сорных растений к моменту уборки культуры основное влияние оказали условия года, и азотные удобрения во взаимодействии с условиями года (приложение 15).

В основном рост засоренности посевов произошел за счет появления новых всходов сорных растений в период образования зеленого стручка и созревания горчицы. Меньше всего сорняков возшло в условиях жаркого и острозасушливого 2018 года, засоренность по опыту увеличилась в среднем в 1,5 раза с 23,2 шт./м² при первом учете до 34,8 шт./м² при втором.

В 2019 году температурный режим был таким же высоким, как и в 2018, но в период образования зеленого стручка и созревания горчицы выпало максимальное за годы исследований количество осадков 129,7 мм, что оказало положительное влияние на появление всходов сорных растений. В 2019 году произошло увеличение засоренности в 1,9 раза с 21,4 шт./м² при первом учете до 40,8 шт./м² при втором. В 2017 году количество сорняков было самым высоким как при первом, так и при втором учетах, но рост засоренности составил 1,7 раза с 85,4 до 147,6 шт./м².

Влияние взаимодействия «доза азота x условия года» на количество сорняков в посевах горчицы белой было таким же, как и при первом учете и носило нелогичный характер. В условиях 2017 года на фоне внесения N₂₀ и N₄₀ сорняков было достоверно больше, чем в контроле, 171,7 и 165,5 шт./м² соответственно. Но при внесении N₈₀ количество сорняков было несколько меньше контроля 110,3 шт./м² и достоверно меньше других вариантов с внесением азотных удобрений.

Таблица 17 – Количество сорняков в посевах горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года (2-й учет), шт./м²

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	141,0	31,0	69,0	80,3	73,6
	1,0	166,0	30,0	60,0	85,3	79,1
	1,5	110,0	27,0	47,0	61,3	74,2
	2,0	93,0	39,0	79,0	70,3	75,8
	2,5	158,0	28,0	37,0	74,3	71,7
	3,0	101,0	24,0	46,0	57,0	72,1
	Среднее	128,2	29,8	56,3	71,4	
N ₂₀	0,5	158,0	32,0	33,0	74,3	
	1,0	191,0	28,0	43,0	87,3	
	1,5	182,0	20,0	37,0	79,7	
	2,0	177,0	26,0	80,0	94,3	
	2,5	129,0	26,0	55,0	70,0	
	3,0	193,0	22,0	44,0	86,3	
	Среднее	171,7	25,7	48,7	82,0	
N ₄₀	0,5	126,0	45,0	39,0	70,0	
	1,0	160,0	49,0	62,0	90,3	
	1,5	191,0	33,0	27,0	83,7	
	2,0	120,0	33,0	26,0	59,7	
	2,5	192,0	29,0	16,0	79,0	
	3,0	204,0	37,0	29,0	90,0	
	Среднее	165,5	37,7	33,2	78,8	
N ₆₀	0,5	191,0	50,0	24,0	88,3	
	1,0	113,0	26,0	28,0	55,7	
	1,5	142,0	41,0	36,0	73,0	
	2,0	197,0	45,0	39,0	93,7	
	2,5	200,0	22,0	35,0	85,7	
	3,0	131,0	37,0	24,0	64,0	
	Среднее	162,3	36,8	31,0	76,7	
N ₈₀	0,5	86,0	48,0	31,0	55,0	
	1,0	152,0	44,0	35,0	77,0	
	1,5	111,0	74,0	35,0	73,3	
	2,0	101,0	33,0	49,0	61,0	
	2,5	88,0	29,0	31,0	49,3	
	3,0	124,0	37,0	28,0	63,0	
	Среднее	110,3	44,2	34,8	63,1	
Среднее по С		147,6	34,8	40,8	74,4	

HCP₀₅: (А, В, АВ, ВС) = F_φ < F₀₅; HCP₀₅ (С) = 12,39; HCP₀₅ (АС) = 34,49

В наших исследованиях изучаемые факторы оказали значимое влияние на рост и развитие сорняков. Сухая масса сорных растений зависела от нормы высева горчицы, дозы вносимого азота, условий года и взаимодействия «норма высева x условия года» и «доза азота x условия года» (приложение 16).

В 2017 году сухая масса сорняков в среднем по опыту составила 63,0 г/м² и изменялась по вариантам исследований от 16,0 до 182,3 г/м². Острозасушливые условия 2018 года оказали негативное влияние на рост и развитие как культурных, так и сорных растений. Как следствие, сухая масса сорняков была очень низкой и наименьшей за годы исследований, в среднем она составила 16,5 г/м². В 2019 году метеорологические условия были наиболее благоприятными для сорных растений. Обильные осадки, выпавшие в июне (118 мм или 190 % от месячной нормы), обусловили активный рост и развитие сорняков. Их сухая масса в среднем по опыту составила 144,1 г/м², превысив значения 2017 года более чем в 2 раза, а значения 2018 года – почти в 9 раз (таблица 18, приложение 17).

Увеличение нормы высева способствовало снижению уровня засоренности в посевах горчицы белой. В условиях 2017 и 2019 гг. при минимальной норме высева (0,5 млн шт./га) сухая масса сорняков была в 3,9 и 4,4 раза больше в сравнении с максимальной нормой высева (3,0 млн шт./га), а в 2018 году превышение было 8-микратным. Данный фак указывает на то, что степень развития сорных растений определяется плотностью травостоя горчицы. При этом следует отметить, что согласно статистической обработке данных значимое снижение уровня засоренности обеспечивает увеличение нормы высева с 0,5 до 2,5 млн шт./га, последующее увеличение до 3,0 млн шт./га значимого снижения засоренности посевов горчицы не обеспечивает, сухая масса сорняков в вариантах с нормами 2,5 и 3,0 млн шт./га, как в среднем за три года, так и каждый год находилась в пределах ошибки опыта.

Азотные удобрения в дозе N₄₀ и больше оказали положительное действие на рост и развитие сорных растений. В вариантах N₄₀, N₆₀ и N₈₀ сухая масса сорняков в среднем за три года исследований составила 82,0, 78,8 и 83,1 г/м² соответственно,

Таблица 18 – Сухая масса сорных растений в посевах горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, г/м²

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	116,6	25,0	292,4	144,7	156,4
	1,0	77,4	8,4	88,4	58,1	86,9
	1,5	36,0	8,4	81,0	41,8	75,1
	2,0	22,1	10,2	100,0	44,1	54,4
	2,5	28,1	4,8	59,3	30,7	38,8
	3,0	16,0	3,2	54,8	24,7	35,4
	Среднее	49,4	10,0	112,6	57,3	
N ₂₀	0,5	127,7	20,3	295,8	147,9	
	1,0	98,0	13,7	104,0	71,9	
	1,5	94,1	5,8	153,8	84,5	
	2,0	60,8	6,3	74,0	47,0	
	2,5	42,3	2,9	70,6	38,6	
	3,0	41,0	2,3	68,9	37,4	
	Среднее	77,3	8,5	127,8	71,2	
N ₄₀	0,5	82,8	36,0	364,8	161,2	
	1,0	77,4	34,8	216,1	109,4	
	1,5	104,0	11,6	141,6	85,7	
	2,0	49,0	9,6	92,2	50,3	
	2,5	51,8	8,4	51,8	37,4	
	3,0	38,4	5,8	100,0	48,1	
	Среднее	67,3	17,7	161,1	82,0	
N ₆₀	0,5	182,3	62,4	198,8	147,8	
	1,0	59,3	16,0	219,0	98,1	
	1,5	46,2	24,0	148,8	73,0	
	2,0	56,3	18,5	130,0	68,2	
	2,5	64,0	5,3	90,3	53,2	
	3,0	29,2	6,3	62,4	32,6	
	Среднее	72,9	22,1	141,6	78,8	
N ₈₀	0,5	65,6	54,8	420,3	180,2	
	1,0	102,0	25,0	163,8	97,0	
	1,5	51,8	37,2	182,3	90,4	
	2,0	28,1	10,2	148,8	62,4	
	2,5	18,5	10,2	74,0	34,2	
	3,0	22,1	7,3	74,0	34,4	
	Среднее	48,0	24,1	177,2	83,1	
Среднее по С		63,0	16,5	144,1	74,5	

достоверно превысив контроль (57,3 г/м²). Положительное влияние азота в дозе N₂₀ на рост и развитие сорных растений статистически не доказано.

В зависимости от метеоусловий удобрения по-разному влияли на рост и развитие сорняков. В 2017 году азотные удобрения благоприятствовали увеличению засоренности посевов горчицы. Сухая масса сорняков в вариантах с внесением N₂₀, N₄₀ и N₆₀ находилась в пределах 67,3 – 77,3 г/м² и была значительно выше контроля. Исключение составил вариант с внесением N₈₀, где сухая масса сорняков достигла значения 48,0 г/м² и была даже несколько ниже контроля. Данный факт обусловлен тем, что на величину сухой массы в условиях 2017 года в основном оказало влияние количество сорняков, а не степень их развития. В этом году численность сорняков на фоне внесения N₈₀ была меньше, чем в контроле, 110,3 и 128,2 шт./м² соответственно, а на фонах внесения N₂₀, N₄₀ и N₆₀ их было значительно больше 162,3 – 171,7 шт./м².

В условиях остро засушливого 2018 года только внесение азота в дозе N₈₀ способствовало существенному увеличению сухой массы сорняков – 24,1 г/м². При внесении N₄₀ и N₆₀ отмечена тенденция к росту засоренности – 17,7 и 22,1 г/м² соответственно. А при внесении N₂₀ сухая масса сорных растений была на одном уровне с контролем и даже несколько меньше – 8,5 г/м².

В 2019 году азот в дозе N₂₀, также, как и в 2018 году, существенного роста засоренности не обеспечил, а в вариантах с внесением N₄₀, N₆₀ и N₈₀ сухая масса сорняков была значительно больше контроля и составила 141,6 – 177,2 г/м².

Отсюда следует, что значимому росту степени засоренности посевов горчицы белой способствуют дозы азота в количестве 40 кг д.в./га и больше.

Принимая во внимание, что величина сухой масса сорных растений определяется не только степенью их развития, но и количеством на единице площади, а наши исследования показали, что ни азотные удобрения, ни норма высева горчицы белой существенно не влияли на численность сорняков, судить о влиянии горчицы на рост и развитие сорной растительности в зависимости от уровня азотного питания и нормы высева культуры целесообразно по средней сухой массе одного сорного растения.

Согласно проведенным расчетам сухая масса одного сорного растения только в варианте с внесением N_{20} находилась статистически на одном уровне с контролем во все годы исследований. Данный факт подтверждает предположение об отсутствии положительного влияния на развитие сорняков азота в дозе менее 40 кг д.в./га. Следует отметить, что в благоприятном для горчицы 2017 году сухая масса одного сорного растения на всех вариантах с дозой азота, включая контроль, находилась на одном уровне $НСР_{05} = F_{факт.} < F_{05}$. В засушливом 2018 году контроль превысил только вариант с внесением азота в дозе N_{80} , сухая масса одного сорного растения составила 0,7 г, что было выше контроля на 0,3 г при $НСР_{05} = 0,24$. В 2019 году самые развитые сорняки были на фоне внесения N_{40} , N_{60} и N_{80} , сухая масса одного сорного растения в этих вариантах составила 5,9 г, достоверно превысив не только контроль, но и вариант с N_{20} . Из этого следует, что влияние азотных удобрений на рост и развитие сорных растений находится в определенной зависимости от условий года. В крайне неблагоприятном 2018 году, когда от острого недостатка влаги и высоких температур воздуха пострадали не только культурные растения, но и сорные, сухая масса одного сорняка в зависимости от уровня азотного питания варьировала в пределах 0,4-0,7 г и в среднем по опыту она составила 0,5 г. В благоприятном 2017 году сорняки были такими же слаборазвитыми 0,4-0,5 г (среднее по опыту 0,5 г). Данный факт ставит под сомнение предположение о влиянии азотных удобрений на рост и развитие сорных растений в зависимости от условий года. Однако, принимая во внимание, что горчица способна угнетать сорные растения [68], становится очевидным, что в благоприятных условиях она активно подавляет сорняки, и они не создают ей особой конкуренции за элементы минерального питания. В неблагоприятных условиях угнетающее действие на сорняки у горчицы снижается и конкурировать с ними ей становится труднее. Имеено этим и объясняется значительное влияние азотных удобрений на развитие сорняков в неблагоприятные для горчицы годы (рисунок 8).

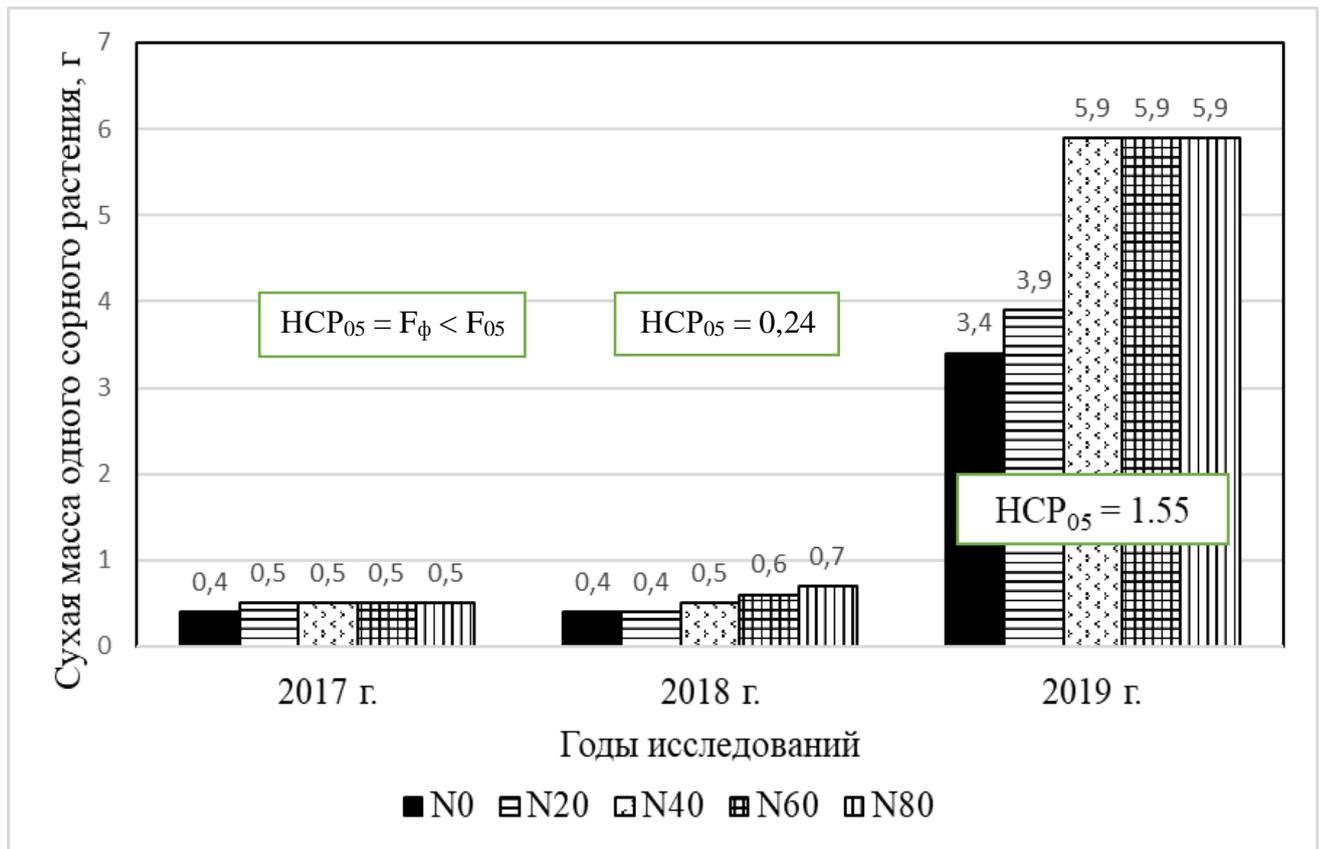


Рисунок 8 – Сухая масса одного сорного растения в посеве горчицы белой в зависимости от дозы азота

Максимально развитыми во все годы исследований сорняки были при норме высева 0,5 млн шт./га, сухая масса одного сорного растения в 2017 году составила 0,9 г, в 2018 – 1,2 г и в 2019 – 10,2 г. Увеличение расхода семенного материала положительно влияло на снижение степени засоренности до определенного момента. Статистически значимое уменьшение сухой массы одного сорного растения обеспечивало увеличение нормы высева до 2,0 млн шт./га, при более высоких нормах отмечена только тенденция к уменьшению (рисунок 9).

Следует отметить, что в благоприятных условиях развития (2017 г.) горчица максимально подавляла рост и развитие сорняков. Сухая масса одного сорного растения в среднем по опыту составила 0,5 г и была равной с данным показателем 2018 года, когда от острого недостатка влаги и высоких температур воздуха пострадали не только культурные растения, но и сорные.

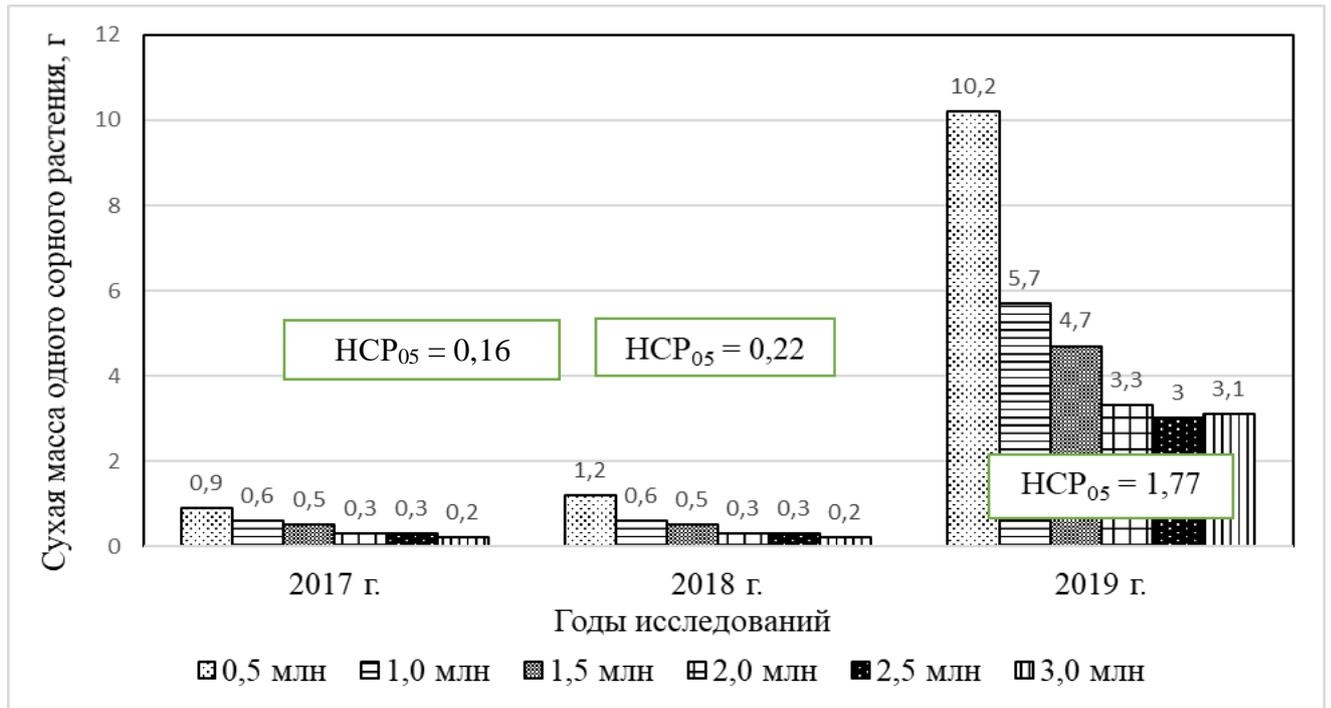


Рисунок 9 – Сухая масса одного сорного растения в посевах горчицы белой в зависимости от нормы высева культуры

В целом, по полученным в исследованиях результатам можно заключить, что в начальный период развития горчицы белой, как и в конце вегетации культуры, засоренность посевов была определена неравномерным распределением семян сорных растений по полю и условиями года. Количество сорняков в среднем за три года исследований колебалось в пределах 28,3 – 57,0 шт./м², а к моменту уборки их численность почти вдвое возросла и достигла значений 49,3 – 94,3 шт./м². Максимальное количество сорняков 85,4 шт./м² (среднее по опыту) вошло в 2017 году, который характеризовался лучшими по влагообеспеченности условиями в марте и апреле.

Установлено, что растения горчицы белой способны подавлять рост и развитие сорняков. Увеличение нормы высева положительно сказывается на снижении засоренности посевов. Максимальное угнетающее действие растения горчицы оказали при нормах высева 2,5 и 3,0 млн шт./га. Сухая масса сорняков в среднем за 2017-2019 гг. в этих вариантах была наименьшей и составила 38,8 и 35,4 г/м² соответственно.

Существенному развитию сорных растений в неблагоприятные для горчицы белой годы способствует азот в дозах N_{40} , N_{60} и N_{80} , в этих вариантах сухая масса сорняков в среднем за годы исследований была самой высокой и находилась в пределах от 78,8 до 83,1 г/м². При внесении азота в дозе N_{20} отмечена только тенденция к увеличению массы сорняков.

4.4 Влияние нормы высева и дозы азота на содержание растительного жира и эфирного масла в семенах горчицы белой

Как известно, в основном горчицу выращивают для получения содержащегося в ее семенах масла, которое относится к категории слабовысыхающих, весьма стойко при хранении, имеет пикантный вкус и приятный аромат. Считается, что по вкусовым качествам оно намного лучше подсолнечного [23, 26, 124, 209]. В зависимости от жирно-кислотного состава горчичное масло применяют как в пищевой, так и в технической отраслях.

Помимо жирного масла, в семенах горчицы белой содержатся и эфирные масла, которые обладают противогрибковыми и антибактериальными свойствами. Эфирное горчичное масло используется также в химической технологии и медицине.

Содержание жирных и эфирных масел зависит от многих факторов: зоны выращивания, климатических условий, состава почвы, обеспеченности элементами питания, сорта, степени зрелости семян и других экологических факторов.

Горчица белая отзывчива на внесение минеральных удобрений. С улучшением условий питания увеличивается не только урожайность семян, но и повышается их качество. При этом отмечается, что из макроэлементов только фосфор и калий способствуют большему накоплению жирного масла в семенах горчицы, а азот имеет обратное воздействие на маслообразовательный процесс вследствие усиления биосинтеза белка [114]. Эффект от применения минеральных удобрений напрямую связан с уровнем влагообеспеченности культуры.

Засушливые условия, как правило, нивелируют их действие на урожайные и качественные характеристики.

От уровня обеспечения влагой горчицы во время вегетации зависят и закономерности аккумуляции жирных и эфирных масел в ее семенах. При удовлетворительном уровне обеспеченности в первую половину вегетации содержание жирного масла в семенах увеличивается, а при засухе происходит его снижение [77, 223]. Накопление эфирных масел происходит в обратной закономерности: на фоне повышенной влагообеспеченности концентрация эфирного масла понижается [63, 186].

Нашими исследованиями установлено, что на процесс накопления масла в наиболее сильной степени оказали влияние лишь условия года, на долю действия данного фактора пришлось 89,2 % (приложение 18).

В 2017 году отмечена максимальная концентрация жирного масла в семенах горчицы белой – до 31,9 %; вариабельность этого показателя колебалась от 30,8 до 32,9 % (таблица 19, приложение 19). В этот же год периоды «всходы – цветение» и «цветение – образование зеленого стручка» являлись наиболее благоприятными по обеспеченности влагой среди остальных лет наблюдений. В последующие годы исследований, содержание жирного масла в семенах было одинаковым 27,5 % в 2018 году и 27,3% в 2019 году, и существенно уступало показателю 2017 года ($HCP_{05}(C) = 0,35$). Вместе с тем, в условиях 2018 года горчица страдала от засухи на протяжении всего периода вегетирования, а в 2019 году – лишь в первой его половине. Следовательно, засушливые погодные условия во второй половине вегетации горчицы белой негативного действия на образование жирного масла в семенах не оказали.

Существенное влияние на накопление эфирного масла, согласно результатам анализа, тоже оказали только погодные условия (приложение 20).

В контрастные по урожайности и метеорологическим условиям 2017 и 2018 гг., содержание эфирных масел было одинаковым – 0,08 %, а в 2019 году их было значительно больше – 0,10 % (таблица 20).

Таблица 19 – Массовая доля жирного масла в семенах горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, %

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	32,4	27,4	27,4	29,1	28,8
	1,0	32,3	27,7	27,0	29,0	28,8
	1,5	32,5	27,2	26,9	28,8	28,9
	2,0	32,5	27,7	26,4	28,9	28,9
	2,5	32,5	27,5	27,0	29,0	29,0
	3,0	32,4	27,9	27,2	29,1	29,0
	Среднее	32,4	27,5	27,0	29,0	
N ₂₀	0,5	32,7	27,0	27,0	28,9	
	1,0	32,9	27,5	27,2	29,2	
	1,5	32,4	27,6	27,6	29,2	
	2,0	32,1	27,7	27,4	29,1	
	2,5	32,1	27,7	27,7	29,1	
	3,0	32,1	27,5	27,7	29,1	
	Среднее	32,4	27,5	27,4	29,1	
N ₄₀	0,5	32,5	27,7	27,7	29,3	
	1,0	32,1	27,1	27,7	28,9	
	1,5	32,7	27,3	27,5	29,2	
	2,0	32,1	27,6	27,5	29,0	
	2,5	32,5	27,6	27,8	29,3	
	3,0	32,9	27,3	28,1	29,4	
	Среднее	32,4	27,4	27,7	29,2	
N ₆₀	0,5	32,0	27,5	26,8	28,8	
	1,0	31,2	27,6	27,1	28,6	
	1,5	30,9	28,3	27,2	28,8	
	2,0	31,4	27,5	27,6	28,8	
	2,5	32,0	27,8	27,5	29,1	
	3,0	30,9	27,8	27,8	28,8	
	Среднее	31,4	27,7	27,3	28,8	
N ₈₀	0,5	31,1	27,3	26,5	28,3	
	1,0	31,6	27,3	26,6	28,5	
	1,5	31,1	27,3	27,4	28,6	
	2,0	30,9	27,6	27,2	28,5	
	2,5	30,8	27,4	27,1	28,4	
	3,0	31,1	27,2	27,2	28,5	
	Среднее	31,1	27,3	27,0	28,5	
Среднее по С		31,9	27,5	27,3	28,9	

НСР₀₅ (С) = 0,35

Таблица 20 – Массовая доля эфирного масла в семенах горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, %

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	0,09	0,08	0,11	0,09	0,09
	1,0	0,08	0,09	0,12	0,10	0,09
	1,5	0,06	0,10	0,10	0,08	0,09
	2,0	0,09	0,10	0,08	0,09	0,09
	2,5	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
	3,0	0,08	0,08	0,11	0,09	0,09
	Среднее	0,08	0,09	0,10	0,09	
N ₂₀	0,5	0,09	0,10	0,10	0,09	
	1,0	0,10	0,08	0,10	0,09	
	1,5	0,09	0,09	0,11	0,09	
	2,0	0,10	0,07	0,10	0,09	
	2,5	0,08	0,10	0,08	0,09	
	3,0	0,09	0,10	0,08	0,09	
	Среднее	0,09	0,09	0,09	0,09	
N ₄₀	0,5	0,11	0,08	0,10	0,09	
	1,0	0,07	0,08	0,12	0,09	
	1,5	0,11	0,07	0,10	0,09	
	2,0	0,09	0,07	0,11	0,09	
	2,5	0,09	0,07	0,10	0,09	
	3,0	0,10	0,08	0,11	0,10	
	Среднее	0,09	0,07	0,11	0,09	
N ₆₀	0,5	0,10	0,08	0,10	0,09	
	1,0	0,09	0,10	0,10	0,09	
	1,5	0,07	0,08	0,10	0,08	
	2,0	0,09	0,08	0,10	0,09	
	2,5	0,08	0,07	0,09	0,08	
	3,0	0,08	0,10	0,10	0,09	
	Среднее	0,08	0,08	0,10	0,09	
N ₈₀	0,5	0,08	0,07	0,09	0,08	
	1,0	0,07	0,09	0,10	0,08	
	1,5	0,07	0,07	0,09	0,08	
	2,0	0,09	0,07	0,11	0,09	
	2,5	0,08	0,09	0,09	0,08	
	3,0	0,09	0,09	0,10	0,09	
	Среднее	0,08	0,08	0,09	0,08	
Среднее по С		0,08	0,08	0,10	0,09	

НСР₀₅ (С) = 0,006;

Анализ погодных условий показал, что на процесс биосинтеза эфирного масла в большей мере влияют метеоусловия в период образования зеленого стручка.

Коэффициент корреляции 0,50 указывает на среднюю зависимость между содержанием эфирного масла в семенах горчицы белой и погодными условиями в эту фазу развития (таблица 21).

Таблица 21 – Коэффициенты корреляции и детерминации между содержанием эфирного масла в семенах горчицы белой и агрометеорологическими условиями

Показатель	R	D	Sr	Tr ф. при Tr ₀₅ =1,99
Всходы – цветение				
Среднесуточная температура воздуха, °С	-0,28	0,08	0,10	-2,69
Количество осадков, мм	0,16	0,03	0,11	1,56
Продолжительность периода, дней	0,12	0,02	0,11	1,18
Цветение – образование зеленого стручка				
Среднесуточная температура воздуха, °С	0,35	0,12	0,10	3,51
Количество осадков, мм	-0,05	0,00	0,11	-0,45
Продолжительность периода, дней	0,33	0,11	0,10	3,23
Образование зеленого стручка – начало созревания				
Среднесуточная температура воздуха, °С	0,51	0,26	0,09	5,51
Количество осадков, мм	0,50	0,25	0,09	5,42
Продолжительность периода, дней	0,50	0,25	0,09	5,37
Начало созревания – полная спелость				
Среднесуточная температура воздуха, °С	-0,14	0,02	0,11	-1,34
Количество осадков, мм	0,26	0,07	0,10	2,48
Продолжительность периода, дней	-0,01	0,00	0,11	-0,13

В 2019 году период образования зеленого стручка был на 9-10 дней продолжительнее, чем в 2017 и 2018 гг., он составил 23 дня (приложение 21). В этом же году в этот период выпало самое большое количество осадков 115,6 мм, а средняя температура воздуха составила 24,3 °С, превысив показатели 2017 и 2018 гг. на 4,1 °С. Такие метеоусловия в период образования зеленого стручка способствовали большему накоплению эфирных масел в семенах горчицы белой.

Валовой сбор жирного и эфирного масел в большей мере определялся не их содержанием в семенах, а величиной собранного урожая. Максимальное количество жирного масла было получено в самом урожайном 2017 году и в среднем по опыту составило 238 кг/га, изменяясь по вариантам от 146 до 322 кг/га. Наименее урожайным был 2018 год, сбор масла варьировал в пределах 43–66 кг/га и был самым низким за годы исследований (таблица 22, приложение 22).

В среднем за 2017-2019 гг. применение азотных удобрений, за счет роста урожайности, повысило выход масла с 1 га на 34-57 кг по отношению к контролю. Максимальный сбор 165–166 кг/га был получен в вариантах с внесением N_{60} и N_{80} . При этом следует отметить, что существенно больший сбор масла азотные удобрения в таком количестве оказали только в условиях 2017 года – 275 и 289 кг/га соответственно. В 2019 году азотные удобрения способствовали статистически значимому увеличению выхода жирного масла в сравнении с контролем, но доза внесения существенного значения не имела, сбор масла в вариантах с удобрениями находился в пределах 154–164 кг/га при $НСР_{05} = 19,8$ кг/га. В 2018 урожай масла во всех вариантах с удобрениями был на одном уровне с контролем 52–59 кг/га.

Высокий выход масла 159 кг/га обеспечила норма высева 2,0 млн шт./га, существенно превысив только нормы высева 0,5 и 1,0 млн шт./га.

Сбор эфирного масла, также, как и жирного, зависел от уровня урожайности горчицы белой и, вследствие низкого содержания эфирных масел в семенах (0,06–0,12 %), был значительно меньше. Максимальное количество с одного гектара было получено в 2017 году – 0,63 кг. В низкоурожайном 2018 году выход масла составил 0,16 кг/га, а в среднем по урожайности 2019 году – 0,52 кг/га (таблица 23, приложение 23).

Таблица 22 – Валовой сбор жирного масла горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, кг/га

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	146	43	53	81	120
	1,0	163	56	95	105	145
	1,5	172	60	128	120	152
	2,0	163	56	119	112	159
	2,5	194	48	111	118	155
	3,0	174	50	134	119	153
	Среднее	169	52	106	109	
N ₂₀	0,5	177	60	108	115	
	1,0	213	56	143	137	
	1,5	200	59	164	141	
	2,0	238	65	162	155	
	2,5	238	58	177	157	
	3,0	244	50	175	156	
	Среднее	218	58	154	143	
N ₄₀	0,5	195	59	109	121	
	1,0	266	57	140	154	
	1,5	229	56	177	154	
	2,0	273	62	174	170	
	2,5	255	61	168	161	
	3,0	233	61	184	159	
	Среднее	242	59	159	153	
N ₆₀	0,5	248	50	131	143	
	1,0	282	64	145	163	
	1,5	287	64	157	169	
	2,0	295	51	185	177	
	2,5	254	54	185	164	
	3,0	288	56	184	176	
	Среднее	275	56	164	165	
N ₈₀	0,5	243	57	122	141	
	1,0	301	66	135	167	
	1,5	317	62	160	179	
	2,0	322	54	171	182	
	2,5	304	51	173	176	
	3,0	246	55	163	154	
	Среднее	289	57	154	166	
Среднее по С		238	56	147	147	

НСР₀₅: (А) = 9,6; (В) = 8,1; (С) = 9,6; (АС) = 19,8; (ВС) = 20,8;

Таблица 23 – Валовой сбор эфирного масла горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, кг/га

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	0,39	0,11	0,22	0,24	0,36
	1,0	0,41	0,19	0,40	0,33	0,43
	1,5	0,32	0,20	0,45	0,32	0,44
	2,0	0,44	0,21	0,36	0,33	0,49
	2,5	0,57	0,17	0,38	0,37	0,44
	3,0	0,43	0,14	0,54	0,37	0,47
	Среднее	0,42	0,17	0,39	0,33	
N ₂₀	0,5	0,49	0,23	0,37	0,36	
	1,0	0,61	0,17	0,53	0,44	
	1,5	0,52	0,19	0,65	0,45	
	2,0	0,71	0,14	0,54	0,46	
	2,5	0,55	0,21	0,52	0,42	
	3,0	0,68	0,17	0,51	0,45	
	Среднее	0,59	0,18	0,52	0,43	
N ₄₀	0,5	0,63	0,17	0,40	0,40	
	1,0	0,55	0,17	0,58	0,43	
	1,5	0,74	0,14	0,65	0,51	
	2,0	0,76	0,15	0,70	0,54	
	2,5	0,71	0,14	0,57	0,47	
	3,0	0,71	0,15	0,72	0,53	
	Среднее	0,68	0,15	0,60	0,48	
N ₆₀	0,5	0,74	0,13	0,49	0,45	
	1,0	0,77	0,22	0,53	0,50	
	1,5	0,65	0,15	0,58	0,46	
	2,0	0,85	0,15	0,67	0,55	
	2,5	0,64	0,14	0,61	0,46	
	3,0	0,75	0,19	0,63	0,52	
	Среднее	0,73	0,16	0,58	0,49	
N ₈₀	0,5	0,59	0,14	0,39	0,37	
	1,0	0,61	0,20	0,48	0,43	
	1,5	0,72	0,16	0,49	0,45	
	2,0	0,89	0,13	0,65	0,55	
	2,5	0,74	0,16	0,55	0,48	
	3,0	0,68	0,17	0,58	0,47	
	Среднее	0,70	0,16	0,52	0,46	
Среднее по С		0,63	0,16	0,52	0,44	

НСР₀₅: (А) = 0,069; (В) = 0,041; (С) = 0,036; (АС) = 0,094; (ВС) = 0,082;

Проведенные исследования показали, что товарно-качественные характеристики семян горчицы белой определяются метеорологическими условиями во время вегетации, независимо от дозы внесенного азота и нормы высева культуры. Хорошая влагообеспеченность в период «всходы – начало образования зеленого стручка» способствует увеличению содержания жирного масла в семенах, а высокие температуры воздуха и обильные осадки в фазу «образования зеленого стручка» положительно влияют на содержание эфирных масел.

Сбор жирного и эфирного масел определяются уровнем урожайности культуры.

ГЛАВА 5 ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И НОРМ ВЫСЕВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ

5.1 Полевая всхожесть семян и сохранность растений горчицы сарептской к уборке в зависимости от уровня азотного питания и нормы высева

Продуктивность посевов любой культуры определяется множеством факторов, в том числе и плотностью агрофитоценоза. От количества взошедших и сохранившихся к моменту уборки растений зависит не только урожайность сельскохозяйственной культуры, но и фитосанитарная обстановка на поле. Изреженные посевы сильнее засоряются и в большей степени подвергаются заселению вредителями и заражению болезнями.

Полевая всхожесть горчицы сарептской, как и многих видов масличных культур, является проблемным вопросом в технологии выращивания. Многие исследования указывают на то, что в полевой обстановке прорастает около 60–80 % высеянных семян [11, 172, 194].

Причины низкой всхожести весьма различны. Несмотря на то, что горчица сарептская относится к холодостойким культурам и ее семена начинают прорастать уже при +1...+3 °С, что позволяет ее высевать в довольно ранние сроки, продолжительное действие низких температур в период «посев – всходы» оказывает отрицательное влияние на полевую всхожесть [93, 94, 97, 98, 119, 120, 163]. При высоких температурах посевной слой почвы быстро высыхает, в результате семена попадают в сухую почву и не прорастают, либо тронувшиеся в рост семена гибнут из-за недостатка влаги. Такие условия, как правило, складываются при поздних сроках посева [98, 177]. Значительная часть исследователей указывает на то, что определяющими показателями полевой всхожести являются, достаточная влагообеспеченность посевного слоя и температурный режим почвы в период от посева до всходов, но также есть сведения и о влиянии агротехнических приемов на всхожесть семян горчицы.

Проведенные нами учеты и наблюдения показали, что в условиях степного Крыма вносимые дозы азотного удобрения и количество высеянных семян существенного влияния на показатель полевой всхожести семян горчицы сарептской не оказывают. В среднем ее изменчивость от обеспеченности азотным питанием находилась в пределах 78–81 % и 78–82 % в зависимости от нормы высева (таблица 24, приложение 24).

Значительные различия отмечены по годам исследований. В 2019 и 2017 годах полевая всхожесть была довольно высокой, она изменялась в пределах 89–97 % и в среднем за год составила 94 и 93 % соответственно. Самая низкая всхожесть семян на уровне 51 % была в 2018 году, варьирование по вариантам находилось в пределах 40–67 %. Данный факт связан с неблагоприятными метеоусловиями 2018 года в послепосевной период до появления всходов.

Горчица сарептская засухоустойчивая культура, но она довольно требовательна к содержанию влаги в почве. Для прорастания и набухания ее семенам необходимо 120 % воды от их массы. [209] При этом семена горчицы сарептской относятся к группе семян с преимущественным содержанием жира, в них содержится 40–52 % высококачественного масла [40, 103, 157]. Для жирных семян характерно медленное поглощение воды, необходимой им для набухания и прорастания. Следовательно, им требуется относительно продолжительный период времени, характеризующийся легкодоступностью влаги. Недостаточная влагообеспеченность в этот период может вызвать подсушивание семян и гибель проростков.

Именно такие условия сложились в 2018 году. Период «посев–всходы» характеризовался практически полным отсутствием осадков (2,4 мм) и повышенным температурным режимом, средняя температура воздуха составила 9,5 °С, превысив показатели 2017 и 2019 гг. на 3–3,2 °С (таблица 25).

Таблица 24 – Влияние дозы внесения азота, исследуемой нормы высева семян и условий года на полевую всхожесть горчицы сарептской, %

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева семян, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Средние значения по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	94	46	94	78	78
	1,0	95	66	91	84	80
	1,5	93	55	90	79	78
	2,0	95	40	96	77	79
	2,5	92	53	95	80	81
	3,0	95	53	94	81	82
	Среднее	94	52	93	80	
N ₂₀	0,5	94	46	92	77	
	1,0	91	43	94	76	
	1,5	93	59	93	82	
	2,0	96	43	93	77	
	2,5	95	48	94	79	
	3,0	94	58	94	82	
	Среднее	94	50	93	79	
N ₄₀	0,5	92	44	94	77	
	1,0	95	63	93	84	
	1,5	93	40	89	74	
	2,0	95	58	92	81	
	2,5	94	66	94	85	
	3,0	97	67	93	86	
	Среднее	94	56	92	81	
N ₆₀	0,5	94	44	94	77	
	1,0	95	46	90	77	
	1,5	92	50	94	79	
	2,0	95	49	95	79	
	2,5	94	40	92	76	
	3,0	95	49	94	79	
	Среднее	94	46	93	78	
N ₈₀	0,5	94	48	94	79	
	1,0	93	55	91	80	
	1,5	93	45	94	78	
	2,0	97	46	96	79	
	2,5	94	63	94	84	
	3,0	96	50	95	80	
	Среднее	95	51	94	80	
Среднее по С		94	51	93	80	

$HCP_{05} (A) = F_{\phi} < F_{05}$; $HCP_{05} (B) = F_{\phi} < F_{05}$; $HCP_{05} (C) = 2,4$;

$HCP_{05} (AB) = F_{\phi} < F_{05}$; $HCP_{05} (AC) = F_{\phi} < F_{05}$; $HCP_{05} (BC) = F_{\phi} < F_{05}$;

$HCP_{05} (ABC) = F_{\phi} < F_{05}$.

Таблица 25 – Агрометеорологические условия периода «посев – всходы» горчицы сарептской

Год исследований	Среднесуточная температура воздуха, °С	Влажность почвы на момент посева (слой 0–10 см), мм	Количество осадков, мм
2017	6,5	10,3	21,3
2018	9,5	15,1	2,4
2019	6,3	11,8	1,6

Высокие температуры воздуха ускорили процесс прорастания семян, период от окончания посева до получения всходов был самым коротким за годы исследований и составил 15 дней, но также они довольно быстро иссушили посевной слой. И несмотря на то, что содержание влаги в слое 0–10 см на момент посева оказалось самым высоким за период исследований – 15,1 мм, не все семена горчицы сарептской успели поглотить необходимую доступную влагу, значительная часть из них либо не проросла, либо погибла. Следует отметить, что в условиях 2018 года отмечены наибольшие колебания всхожести семян по вариантам от 40 до 67 %.

В течение вегетации полевые агрофитоценозы претерпевают большие изменения под воздействием разных факторов. Количество взошедших растений, всегда больше, чем к моменту уборки.

Особое значение имеют складывающиеся погодные условия. Неблагоприятные метеорологические явления в период вегетации оказывают отрицательное влияние на рост, развитие и жизнестойкость растений многих сельскохозяйственных культур [72], в том числе и горчицы [114]. В благоприятных же условиях растения горчицы интенсивнее развиваются и сильнее подавляют друг друга, что также негативно сказывается на количестве сохранившихся к уборке растений [114].

Помимо погодных условий, определенное влияние на жизнестойкость растений горчицы сарептской в период вегетации оказывают и агротехнологические мероприятия при возделывании культуры. Ряд исследований указывает на то, что с увеличением густоты стояния процент сохранившихся к

уборке растений снижается [172, 202]. В других экспериментах наибольшая густота посевов была сформирована при применении нормы высева порядка 2,5 млн шт./га, а отклонение в сторону увеличения или уменьшения от данной нормы вело к снижению количества сохранившихся растений [11]. Существует предположение, что крестоцветные культуры склонны к самоизреживанию при чрезмерном загущении и способны самостоятельно формировать оптимальную густоту стояния [137].

Согласно ряду исследований, применение удобрений оказывает положительное влияние на сохранность растений горчицы к уборке. С улучшением минерального питания способность растений противостоять неблагоприятным факторам внешней среды повышается и процент гибели растений в период вегетации снижается [11, 93, 89, 94, 98, 119, 120, 189].

В наших исследованиях агротехнические приемы статистически значимого влияния на количество сохранившихся к уборке растений не оказали. Усредненные данные трехлетних экспериментов показали, что в вариантах с разными нормами высева и при разных дозах внесения азота сохранность растений варьировала в пределах 92–96 % и находилась на одном уровне (таблица 26, приложение 25).

Существенное влияние на сохранность растений горчицы сарептской оказали метеорологические условия года. Высокая выживаемость отмечена в 2017 и 2019 гг., в среднем по опыту она составила 96 %.

В острозасушливом 2018 году сохранившихся к уборке растений было на 6 % меньше, и разница эта была статистически значима ($НСР_{05} = 1,3 \%$).

Корреляционный анализ показал, что на сохранность растений горчицы сарептской в большей степени влияют гидротермические условия определенных фаз развития культуры, а не всего периода вегетации в целом. Жизнестойкость растений имела высокую положительную зависимость с уровнем влагообеспеченности периода от появления всходов и до начала цветения. Коэффициент корреляции ГТК этого периода с сохранностью растений составил 0,72 при высоком критерии существенности $T_r \text{ факт.} = 9,65$ (таблица 27, приложение 26).

Таблица 26 – Влияние дозы азотного удобрения, норм высева и условий года на сохранность растений горчицы сарептской к уборке, %

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева семян, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Средние по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	96	93	94	94	95
	1,0	97	93	97	96	94
	1,5	97	91	96	94	94
	2,0	98	87	92	92	94
	2,5	95	89	96	94	93
	3,0	96	87	95	93	93
	Среднее	96	90	95	94	
N ₂₀	0,5	98	90	96	95	
	1,0	97	84	95	92	
	1,5	96	94	96	95	
	2,0	96	93	97	95	
	2,5	98	84	94	92	
	3,0	96	90	95	94	
	Среднее	97	89	95	94	
N ₄₀	0,5	98	89	96	94	
	1,0	97	95	94	96	
	1,5	97	90	97	95	
	2,0	98	90	95	94	
	2,5	98	89	98	95	
	3,0	96	89	97	94	
	Среднее	97	90	96	95	
N ₆₀	0,5	96	92	96	95	
	1,0	94	91	97	94	
	1,5	97	92	95	95	
	2,0	96	91	97	95	
	2,5	97	89	94	93	
	3,0	97	91	94	94	
	Среднее	96	91	96	94	
N ₈₀	0,5	96	97	96	96	
	1,0	95	88	97	93	
	1,5	97	86	95	93	
	2,0	95	94	96	95	
	2,5	97	89	96	94	
	3,0	96	86	94	92	
	Среднее	96	90	96	94	
Среднее по С		96	90	96	94	

НСР₀₅ (С) = 1,3

Таблица 27 – ГТК по фазам развития растений горчицы сарептской в годы исследований

Год исследований	Всходы – цветение	Цветение – образование зеленого стручка	Образование зеленого стручка – созревание	Созревание – полная спелость	Всходы – полная спелость
2017	1,3	0,2	0,3	0,5	0,6
2018	0,3	0,0	0,3	1,2	0,4
2019	0,7	2,4	0,7	0,8	1,1
Коэффициент корреляции с сохранностью растений к уборке	0,72	0,36	0,31	-0,78	0,50

Высокая выживаемость растений отмечена в годы, когда период «всходы – цветение» характеризовался не только как влажный – ГТК = 1,3 (2017 г.), но и даже как засушливый – ГТК = 0,7 (2019 г.), что свидетельствует о высокой приспособительной реакции горчицы к неблагоприятным по влагообеспеченности условиям внешней среды. И даже в условиях жесткой засухи (ГТК = 0,3) сохранность растений была существенно ниже, но находилась на довольно высоком уровне 84–95 % (2018 г.).

Сильная отрицательная зависимость отмечена с фазой развития «созревание – полная спелость», коэффициент корреляции составил -0,78 (Tr факт. = -11,68).

В засушливом 2018 году созревание горчицы проходило в наиболее влажных условиях ГТК = 1,2, а сохранность растений была самой низкой (90 %), что свидетельствует о негативном влиянии осадков в этот период на жизнестойкость растений. Однако в условиях этого года период всходы-цветение был наименее влагообеспеченным, а большинство исследователей указывают на то, что максимальное количество влаги горчица потребляет в период всходы – цветение, когда накапливаются питательные вещества, происходит интенсивный рост и развитие, формируются розетка и стебель, закладываются и развиваются бутоны. Недостаток влаги в это время оказывает негативное влияние на продуктивность и жизнестойкость растений. Начиная с фазы образования зеленого стручка и до

полного созревания в основном происходят процессы по формированию и наливу семян, накоплению жирного и эфирного масел в них. Складывающиеся метеорологические условия в этот период в большей степени влияют на качественные и количественные характеристики семян горчицы, чем на способность растений противостоять неблагоприятным факторам среды [80, 138, 204, 209].

Принимая во внимание данное обстоятельство, предположение о том, что осадки в период созревания способствуют снижению жизнестойкости растений горчицы, будет ошибочным. Основное влияние на количество уцелевших к уборке растений оказали условия влагообеспеченности периода всходы-цветение.

Таким образом, проведенные нами в течение трех лет эксперименты показали, что нормы высева и дозы внесения азотного удобрения на величину полевой всхожести и сохранности растений горчицы сарептской существенного влияния не оказывают. Данные показатели зависели от складывающихся метеорологических условий в период «посев – всходы» и «всходы – начало цветения».

В целом природно-климатические условия Крыма благоприятны для прорастания семян горчицы сарептской, полевая всхожесть за три года исследований составила 80 %. Однако в отдельные годы, когда продолжительный послепосевной период характеризуется высоким температурным режимом на фоне полного отсутствия осадков, количество взошедших растений может быть вдвое меньше расчетного – 51 %.

Горчица сарептская максимально приспособлена к условиям степного Крыма культура. Сохранность взошедших растений к моменту уборки за годы исследований составила 94 %. В острозасушливых условиях в период от всходов до начала цветения ($ГТК = 0,3$) количество выживших растений существенно снижается, но при этом находится на достаточно высоком уровне 84 – 95 %.

5.2 Показатели структуры урожая и величина урожайности горчицы сарептской при различных дозах внесения азотного удобрения и нормах высева семян

Изучение отдельных элементов структуры урожая, позволяет более полно проанализировать влияние условий внешней среды и агротехнологических приемов на продуктивность посевов горчицы сарептской. Об изменении структурных показателей под воздействием абиотических и биотических факторов в своих работах указывали Е.Н. Кулина, Г.А. Медведев Г.А., В.Н. Плотников, Д.Е. Михальков, В.В. Бородычев, Г.В. Сулова, Н.П. Жернова и др. [11, 97, 112, 113, 122, 172, 177, 202, 213].

К числу важнейших показателей структуры урожая горчицы относятся число стручков на одном растении, количество семян в стручке и также масса 1000 семян.

Проведенные опыты показали, что все перечисленные элементы изменялись в различной степени под воздействием условий внешней среды и в зависимости от изучаемых элементов технологии возделывания.

В наших исследованиях на численность стручков прежде всего оказали влияние приемы агротехники. Доля действия нормы высева была самой большой 73,2 %, на уровень азотного питания пришлось 6,1 %. Влияние метеоусловий года составило всего 0,4 %, но и оно было статистически значимо (рисунок 10).

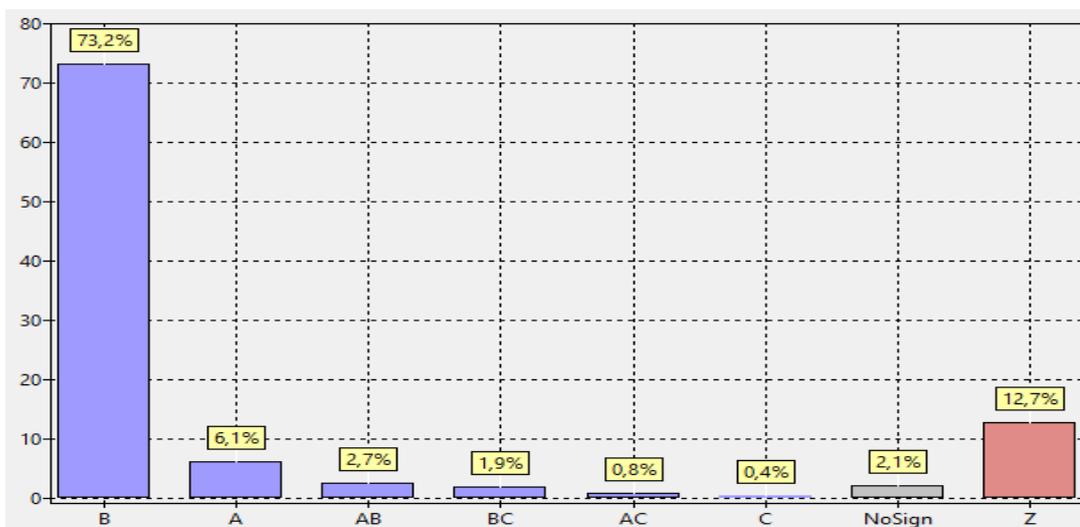


Рисунок 10 – Доля действия факторов (А – доза азотного удобрения, В – норма высева, С – условия года) на количество стручков на растение, %

Также в наших опытах доказано влияние парных взаимодействий «доза азотного удобрения x норма высева» (2,7 %), «норма высева x условия года» (1,9 %) и «доза азотного удобрения x условия года» (0,8%).

Значительное влияние нормы высева на процесс формирования стручков обусловлено прежде всего тем, что от количества расположенных на единице площади растений зависит площадь их питания, уровень освещенности и влагообеспеченности. Наиболее благоприятной считается площадь питания, приближенная по своей форме к квадрату.

Максимальное количество стручков в среднем по осредненным данным трехлетних исследований было отмечено на растениях при применении нормы высева 0,5 млн шт./га, их численность составила 74,7 шт. При посеве этой нормой площадь питания была самой большой и наиболее приближенной к квадрату (13,3 x 15 см) – 7,5 семян на один погонный метр. С увеличением плотности размещения растений на единице площади число стручков на них заметно снижалось и при использовании нормы высева 3,0 млн шт./га их количество было минимальным и составило 17,5 шт. (таблица 28, приложение 27).

Применение азотных удобрений оказало положительное влияние на развитие растений горчицы сарептской. Количество стручков в контрольном варианте (без азотного удобрения) было наименьшим – 28,6 шт. Увеличение вносимой дозы азота обеспечило существенный рост по этому показателю, максимальные значения были получены на фоне N₆₀ и N₈₀ – 43,1 и 44,0 шт. соответственно.

Анализ данных по годам исследований показал, что большое количество стручков на одном растении сформировалось в острозасушливом 2018 году – 39,9 шт. При этом в более благоприятном по погодным условиям 2017 году стручков было на 2,2 шт. меньше (37,7 шт. на растении), но разница эта статистически не значима НСР₀₅ = 2,37 шт. А вот в засушливом в начальный период роста и развития горчицы 2019 году стручков на растении сформировалось 36,3 шт., что было существенно ниже, чем в 2018 году, но находилось на одном уровне с показателем 2017 года.

Таблица 28 – Количество стручков на растении горчицы сарептской при различных дозах азотного удобрения, нормах высева и условиях года, шт.

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева семян, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Средние по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	49,4	65,6	54,8	56,6	74,7
	1,0	36,7	39,5	36,1	37,4	49,7
	1,5	21,0	32,2	28,1	27,1	35,2
	2,0	16,7	25,1	23,1	21,6	29,3
	2,5	15,0	17,2	18,8	17,0	21,5
	3,0	9,2	15,0	11,9	12,0	17,5
	Среднее	24,7	32,4	28,8	28,6	
N ₂₀	0,5	67,7	73,9	60,8	67,5	
	1,0	34,3	57,1	40,6	44,0	
	1,5	34,9	33,9	30,2	33,0	
	2,0	27,8	36,6	26,9	30,4	
	2,5	20,8	18,8	20,7	20,1	
	3,0	18,8	14,8	16,9	16,8	
	Среднее	34	39,2	32,7	35,3	
N ₄₀	0,5	71,1	76,3	70,5	72,6	
	1,0	47,7	64,9	43,3	51,9	
	1,5	36,7	40,7	33,7	37,0	
	2,0	26,0	33,8	29,5	29,7	
	2,5	26,5	19,8	22,2	22,8	
	3,0	22,0	15,5	18,8	18,8	
	Среднее	38,3	41,8	36,3	38,8	
N ₆₀	0,5	97,5	75,9	86,8	86,7	
	1,0	56,7	62,6	48,2	55,8	
	1,5	37,2	42,4	36,9	38,8	
	2,0	28,6	36,5	34,7	33,2	
	2,5	22,2	22,6	26,6	23,8	
	3,0	20,7	16,6	23,5	20,3	
	Среднее	43,8	42,8	42,8	43,1	
N ₈₀	0,5	108,0	80,0	82,9	90,3	
	1,0	63,7	69,5	45,5	59,6	
	1,5	42,2	43,6	34,0	39,9	
	2,0	28,7	30,7	34,6	31,3	
	2,5	24,3	19,0	27,8	23,7	
	3,0	20,0	15,8	22,4	19,4	
	Среднее	47,9	43,1	41,2	44,0	
Среднее по С		37,7	39,9	36,3	38,0	

НСР₀₅: (А) = 3,10; (В) = 3,56; (С) = 2,37; (АВ) = 7,81; (АС) = 5,28; (ВС) = 5,93

Учитывая большое влияние густоты стояния растений на процесс формирования стручков, высокие значения по их количеству на одном растении в неблагоприятных условиях 2018 года обусловлены прежде всего низкой плотностью размещения растений на единице площади, полевая всхожесть в 2018 году была почти в двое меньше, чем в 2017 и 2019 гг. При этом погодные условия 2017 года оказали положительное воздействие на процесс формирования стручков, значительно снизив долю влияния густоты стояния растений, поэтому число стручков на одном растении в 2018 и 2017 гг. было статистически на одном уровне. В 2019 году погодные условия мало способствовали хорошему развитию горчицы, соответственно численность стручков на одном растении в этом году была меньше, чем в 2018, вследствие более высокой густоты стояния растений. В условиях 2017 и 2019 гг. количество растений в среднем по опыту практически совпадало, полевая всхожесть была на одном уровне 94 и 93 %, численность стручков также была на одном уровне 37,7 и 36,3 шт. соответственно.

Проведенный анализ эффективности совместного влияния изучаемых агроприемов свидетельствует, что более благоприятные условия для развития растений горчицы складываются на разреженных посевах при внесении больших доз азота. Максимальное количество стручков 86,7 и 90,3 шт. было в вариантах с самой низкой нормой высева в 0,5 млн шт./га при внесении N_{60} и N_{80} .

В зависимости от складывающихся погодных условий изучаемые факторы по-разному влияют на процесс формирования стручков. В более благоприятном по условиям для горчицы 2017 году каждое последовательное повышение нормы высева с 0,5 до 2,0 млн шт./га привело к существенному снижению количества стручков на растении, при более высоких нормах отмечена только тенденция. В менее благоприятных по влагообеспеченности условиях растения более остро реагируют на плотность размещения. В 2018 и 2019 гг. при применении нормы высева в 2,5 млн шт./га стручков сформировалось доказуемо меньше, чем при предыдущей норме высева и только при последующем увеличении до 3,0 млн статистически значимого снижения по данному показателю не отмечено.

Каждый год внесение азотных удобрений благоприятствовало увеличению количества стручков, но в зависимости от складывающихся метеорологических условий действие их было разным. В 2017 и 2019 гг. максимальное количество стручков было на фоне внесения N_{60} и N_{80} , но в наиболее благоприятном 2017 году наблюдалась тенденция к увеличению, а в 2019 году на фоне N_{80} стручков было уже несколько меньше, чем при внесении N_{60} . В засушливых условиях 2018 года доза азота не имела значения. Удобрения в целом способствовали статистически значимому возрастанию количества стручков на растении, все варианты превысили контроль на 6,8 – 10,7 шт. при $НСР_{05} = 5,31$ шт., но разница между дозами азота не доказана, численность стручков изменялась в пределах ошибки опыта от 39,2 (N_{20}) до 43,1 шт. (N_{80}).

Согласно проведенным расчетам количество семян в стручке зависело как от изучаемых факторов, так и от условий года, а также парного взаимодействия «норма высева x условия года» и «доза азотного удобрения x условия года» (приложение 28).

Увеличение плотности размещения растений на единице площади оказало негативное влияние на процесс формирования семян, в среднем за три года максимальное их количество 16,3 шт. было в стручках растений при норме высева 0,5 млн шт./га. Каждое последующее повышение нормы высева обеспечило незначительное, но статистически достоверное снижение численности семян в стручке, наименьшее их количество сформировалось при применении максимальной нормы высева 3 млн шт./га и составило 13,8 шт. (таблица 29).

Внесение азотных удобрений благоприятно сказывалось на увеличении числа семян в стручке, на всех удобренных вариантах семян было больше в сравнении с неудобренными, но, при внесении азота в дозе N_{20} отмечена только тенденция, а дозы N_{40} , N_{60} и N_{80} обеспечили достоверный рост этого показателя на 1,0 – 1,9 шт. при $НСР_{05} = 0,71$ шт. Максимальное количество семян в стручке 15,8 шт. было в варианте с дозой N_{80} .

Таблица 29 – Количество семян в стручке горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, шт.

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Средние по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	15,0	16,5	14,2	15,2	16,3
	1,0	14,5	14,7	13,7	14,3	15,5
	1,5	14,3	14,9	13,2	14,1	15,1
	2,0	13,0	13,9	13,1	13,3	14,6
	2,5	14,1	13,2	12,8	13,3	14,2
	3,0	13,9	14,0	12,1	13,3	13,8
	Среднее	14,1	14,5	13,2	13,9	
N ₂₀	0,5	15,2	16,1	15,1	15,5	
	1,0	15,6	16,3	14,9	15,6	
	1,5	14,8	15,1	14,0	14,6	
	2,0	15,3	13,7	13,6	14,2	
	2,5	15,0	13,3	13,4	13,9	
	3,0	14,3	12,6	13,5	13,5	
	Среднее	15,0	14,5	14,1	14,5	
N ₄₀	0,5	16,0	17,0	16,5	16,5	
	1,0	15,3	15,3	16,0	15,5	
	1,5	15,2	14,4	15,8	15,1	
	2,0	14,5	14,3	15,2	14,7	
	2,5	15,0	12,6	13,9	13,9	
	3,0	15,0	13,1	13,8	13,9	
	Среднее	15,1	14,4	15,2	14,9	
N ₆₀	0,5	16,9	17,7	16,7	17,1	
	1,0	15,5	16,2	15,3	15,7	
	1,5	16,7	14,9	15,8	15,8	
	2,0	15,9	14,0	15,1	15,0	
	2,5	15,4	14,1	14,7	14,7	
	3,0	14,8	13,9	13,5	14,0	
	Среднее	15,8	15,1	15,2	15,4	
N ₈₀	0,5	17,0	17,1	17,5	17,2	
	1,0	17,0	16,4	16,3	16,5	
	1,5	17,0	15,1	15,0	15,7	
	2,0	16,7	15,4	14,9	15,7	
	2,5	16,1	14,4	15,1	15,2	
	3,0	15,5	13,5	14,1	14,3	
	Среднее	16,5	15,3	15,5	15,8	
Среднее по С		15,3	14,8	14,6	14,9	

НСР₀₅: (А) = 0,71; (В) = 0,40; (С) = 0,33; (АС) = 0,94; (ВС) = 0,78;

Благоприятные условия развития 2017 года, а именно умеренный температурный режим и достаточная влагообеспеченность в период максимального водопотребления, оказали положительное влияние на развитие растений горчицы. В этом году отмечено наибольшее количество семян в стручке, в среднем по опыту оно составило 15,3 шт. В 2018 и 2019 гг. данный показатель находился на одном уровне, 14,8 и 14,6 шт. соответственно ($НСР_{05} = 0,33$ шт.).

Снижение количества семян в стручке с увеличением нормы высева отмечалось во все годы исследований, но в условиях 2017 года наблюдалась в основном тенденция. В вариантах с нормами от 1,0 до 2,5 млн шт./га данный показатель варьировал в пределах ошибки опыта 15,1 – 15,6 шт. при $НСР_{05} (BC) = 0,78$ шт., существенные различия были отмечены только между нормами 0,5 млн (16 шт.) и 2-3 млн (14,7-15,1 шт.), а также между нормами 0,5-1,5 млн (15,5-16,0 шт.)-и 3 млн (14,7 шт.) шт./га. А в 2018 и 2017 году каждое последующее увеличение нормы высева на 0,5-1,0 млн/га способствовало достоверному снижению количества семян в стручке. Данный факт свидетельствует о том, что в неблагоприятных условиях развития растения горчицы сарептской более остро реагируют на плотность размещения, при загущении посевов в их стручках формируется меньше семян.

В условиях 2017 и 2019 гг. на вариантах с внесением азота в дозах 40, 60 и 80 кг. д. в./га семян в стручках растений было существенно больше, чем в контроле (где азот не вносился), а в 2018 году их количество было статистически на одном уровне, оно изменялось от 14,5 шт. (N_0) до 15,3 шт. (N_{80}) при $НСР_{05} (AC) = 0,94$ шт. Отсутствие положительного эффекта от применения удобрений в 2018 году было обусловлено низким уровнем влагообеспеченности посевов.

Следующим показателем структуры урожая является масса 1000 семян. В наших исследованиях данный признак находился под влиянием особенностей года, а нормы высева с дозами азота удобрений значимо влияли лишь при взаимодействии со складывающимися условиями года (приложение 29).

Горчица сарептская относится к засухоустойчивым растениям, эта ее особенность проявляется в различных приспособлениях противостоять

неблагоприятным условиям произрастания. Одной из таких приспособительных реакций является увеличение массы семян [157]. Наши исследования это подтвердили, наибольшая масса 1000 семян была в самом неблагоприятном по влагообеспеченности 2018 году, и составила в среднем 3,17 г. С улучшением гидротермических условий вес семян снижался, в 2019 году их масса соответствовала 2,91 г, а в 2017 году – 2,79 г (таблица 30).

Азотные удобрения способствовали лучшему наливу семян только в благоприятных по влагообеспеченности условиях 2017 года, на всех вариантах масса 1000 семян была статистически на одном уровне и достоверно больше в сравнении с контролем (без азота), она варьировала в пределах 2,81-2,88 г, превышение составило 0,19-0,26 г при $НСР_{05} (AC) = 0,145$ г. В менее благоприятных по влагообеспеченности условиях 2018 и 2019 гг. масса семян на всех фонах удобрения (включая контроль) находилась в пределах ошибки опыта и изменялась от 3,13 до 3,23 г и от 2,89 до 2,98 г соответственно.

Нормы высева оказали влияние на полновесность семян только в условиях 2019 года. Обильные осадки, выпавшие в последние дни цветения и в период образования зеленого стручка, способствовали лучшему наливу семян на посевах с низкими нормами высева, их масса 1000 штук составила 3,10 г при 0,5 млн и 3,04 г при 1,0 млн. При применении норм высева с 1,5 до 3,0 млн шт./га масса 1000 семян статистически находилась на одном уровне 2,80-2,89 г ($НСР_{05} (BC) = 0,125$ г) и была доказуемо меньше, в сравнении с меньшими нормами.

Основным хозяйственно ценным признаком любой культуры является урожайность, которая формируется под воздействием многих факторов: метеоусловия в период вегетации, степень повреждения болезнями и вредителями, сроки и способы посева и уборки, система удобрений и другое. Определяется урожайность продуктивностью растений и их количеством на единице площади. Поскольку масса 1000 семян, число стручков и семян в них – это показатели, характеризующие в первую очередь продуктивность одного растения, они не могут дать полную картину об урожайности горчицы сарептской, формируемой под воздействием принятых к изучению факторов.

Таблица 30 – Масса 1000 семян горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, г

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Средние по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	2,55	3,08	3,17	2,93	2,99
	1,0	2,59	3,18	3,10	2,96	3,01
	1,5	2,72	3,13	2,83	2,89	2,94
	2,0	2,57	3,18	2,78	2,84	2,93
	2,5	2,69	3,25	2,58	2,84	2,93
	3,0	2,58	3,30	2,88	2,92	2,95
	Среднее	2,62	3,18	2,89	2,90	
N ₂₀	0,5	2,82	3,18	2,95	2,98	
	1,0	2,85	3,13	2,99	2,99	
	1,5	2,81	3,25	2,81	2,95	
	2,0	2,80	3,28	2,76	2,95	
	2,5	2,72	3,28	2,91	2,97	
	3,0	2,85	3,25	2,87	2,99	
	Среднее	2,81	3,23	2,88	2,97	
N ₄₀	0,5	2,78	3,15	3,14	3,02	
	1,0	2,82	3,35	3,18	3,12	
	1,5	2,87	3,10	2,98	2,98	
	2,0	2,81	3,03	2,91	2,91	
	2,5	2,81	3,15	2,86	2,94	
	3,0	2,89	3,15	2,79	2,94	
	Среднее	2,83	3,15	2,98	2,99	
N ₆₀	0,5	2,87	2,98	3,25	3,03	
	1,0	2,88	3,25	2,97	3,03	
	1,5	2,82	3,08	2,91	2,93	
	2,0	2,90	3,25	2,76	2,97	
	2,5	2,93	3,23	2,87	3,01	
	3,0	2,90	3,28	2,67	2,95	
	Среднее	2,88	3,18	2,90	2,99	
N ₈₀	0,5	2,79	3,18	2,99	2,99	
	1,0	2,84	3,00	2,98	2,94	
	1,5	2,83	3,15	2,92	2,97	
	2,0	2,81	3,25	2,92	2,99	
	2,5	2,85	3,15	2,76	2,92	
	3,0	2,86	3,08	2,84	2,93	
	Среднее	2,83	3,13	2,90	2,95	
Среднее по С		2,79	3,17	2,91	2,96	

$HCP_{05}(C) = 0,056$; $HCP_{05}(AC) = 0,145$; $HCP_{05}(BC) = 0,125$

Ряд исследователей отмечают, что погодные условия оказывают большое воздействие на продуктивность горчицы сарептской [87, 168, 222]. Анализ учетов урожая в наших исследованиях также показал, что продуктивность посевов горчицы сарептской в большей степени зависит от условий года, доля влияния данного фактора составила 73,6 %. Влияние уровня азотного питания и норм высева было значительно меньшим, но тоже существенным, на их долю пришлось 7,2 и 2,6 % соответственно. Также доказано влияние взаимодействия факторов «доза азотного удобрения x условия года» - 5,5 % и «нормы высева x условия года» - 1,5% (рисунок 11).

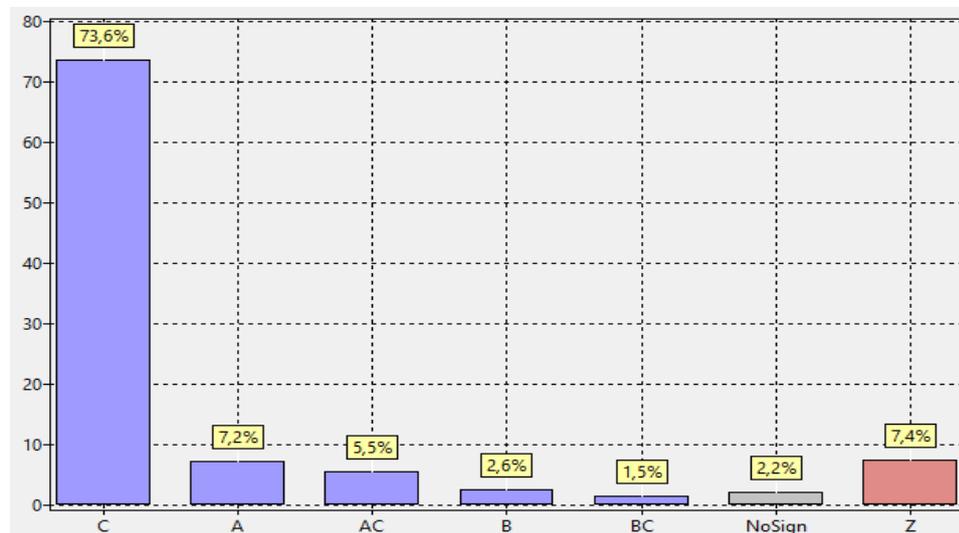


Рисунок 11 – Доля действия факторов (А – доза азотного удобрения, В – норма высева, С – условия года) на урожайность семян горчицы сарептской, %

Максимальный урожай был получен в 2017 году, когда погодные условия были самыми благоприятными для роста и развития растений горчицы, в среднем по опыту он составил 1,09 т/га. В этом же году отмечены и наибольшие колебания по вариантам исследования от 0,49 т/га (N_0 , 0,5 млн шт./га) до 1,49 т/га (N_{80} , 2,5 млн шт./га). В менее благоприятном 2019 году урожайность была на порядок ниже – 0,74 т/га и варьирование меньше от 0,53 т/га (N_0 , 0,5 млн шт./га) до 0,94 т/га (N_{60} , 2,5 млн шт./га). В засушливых условиях 2018 года урожайность была самой низкой, она изменялась по вариантам от 0,19 т/га (N_{20} , 2,5 млн шт./га) до 0,28 т/га (N_{80} , 3,0 млн шт./га) и в среднем составила 0,23 т/га (таблица 31, приложение 30).

Таблица 31 – Урожайность горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, т/га

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	0,49	0,20	0,53	0,41	0,56
	1,0	0,56	0,21	0,61	0,46	0,65
	1,5	0,71	0,20	0,65	0,52	0,69
	2,0	0,92	0,21	0,63	0,58	0,73
	2,5	0,75	0,20	0,63	0,53	0,77
	3,0	0,60	0,22	0,65	0,49	0,71
	Среднее	0,67	0,21	0,61	0,50	
N ₂₀	0,5	0,71	0,24	0,54	0,50	
	1,0	0,93	0,21	0,65	0,59	
	1,5	0,98	0,21	0,68	0,62	
	2,0	0,98	0,20	0,72	0,63	
	2,5	1,29	0,19	0,81	0,76	
	3,0	1,32	0,25	0,74	0,77	
	Среднее	1,03	0,22	0,69	0,65	
N ₄₀	0,5	0,73	0,23	0,57	0,51	
	1,0	1,00	0,25	0,72	0,66	
	1,5	1,08	0,23	0,81	0,71	
	2,0	1,19	0,23	0,81	0,74	
	2,5	1,36	0,24	0,82	0,81	
	3,0	1,32	0,25	0,78	0,78	
	Среднее	1,11	0,24	0,75	0,70	
N ₆₀	0,5	1,15	0,22	0,70	0,69	
	1,0	1,20	0,23	0,78	0,74	
	1,5	1,27	0,25	0,85	0,79	
	2,0	1,39	0,24	0,89	0,84	
	2,5	1,44	0,26	0,94	0,88	
	3,0	1,23	0,27	0,83	0,78	
	Среднее	1,28	0,24	0,83	0,78	
N ₈₀	0,5	1,25	0,20	0,68	0,71	
	1,0	1,45	0,22	0,76	0,81	
	1,5	1,42	0,27	0,83	0,84	
	2,0	1,42	0,24	0,89	0,85	
	2,5	1,49	0,27	0,89	0,88	
	3,0	1,21	0,28	0,79	0,76	
	Среднее	1,37	0,24	0,81	0,81	
Среднее по С		1,09	0,23	0,74	0,69	

НСР₀₅: (А) = 0,058; (В) = 0,045; (С) = 0,033; (АС) = 0,084; (ВС) = 0,081

Снижение амплитуды колебаний по урожайности между вариантами опыта с ухудшением условий произрастания свидетельствует о росте влияния таких агроприемов, как доза азотного удобрения и норма высева семян, на величину продуктивности посева горчицы сарептской с улучшением метеоусловий в период вегетации культуры.

Эффект воздействия азота удобрения на численные значения показателей структуры урожая горчицы сизой обусловили существенный рост продуктивности культуры. Максимальная прибавка в урожайности от применения азотных удобрений была получена в 2017 году при внесении азота в дозе N_{60} и N_{80} , по отношению к контролю она составила 0,61 и 0,70 т/га соответственно ($НСР_{05}(AC) = 0,084$ т/га). В 2019 году эффект от применения удобрений был меньше, урожайность повысилась на 0,07-0,22 т/га, при этом достоверно превысили контроль варианты с внесением N_{40} , N_{60} и N_{80} . В 2018 году азотные удобрения не оказали значимого воздействия на продуктивность горчицы, которая находилась на одинаковом уровне, составляющем 0,21 – 0,24 т/га. В среднем трехлетние исследования показали, что самая большая урожайность была получена при внесении N_{60} – 0,78 т/га, превысившая контроль на 0,28 т/га (56 %). Повышение дозы азота удобрения до 80 кг д. в./га статистически значимого повышения урожайности не обеспечило, разница между этими вариантами находилась в пределах ошибки опыта – 0,03 т/га при $НСР_{05}(A) = 0,058$ т/га.

Следует отметить, что с увеличением дозы вносимого азота прибавка урожая семян горчицы на каждый затраченный килограмм действующего вещества удобрений заметно снижалась. Максимальная окупаемость отмечена при внесении азота в дозе 20 кг д.в./га, она составила 7,5 кг (рисунок 12).

Предыдущий анализ данных по элементам структуры урожая, таких как количество стручков и количество семян в стручке, показал, что максимально продуктивными были растения при высева семян нормой 0,5 млн шт./га. С увеличением густоты стояния выход семян с одного растения снижался, и эта закономерность отмечалась во все годы исследований, в том числе и в засушливом 2018 году.

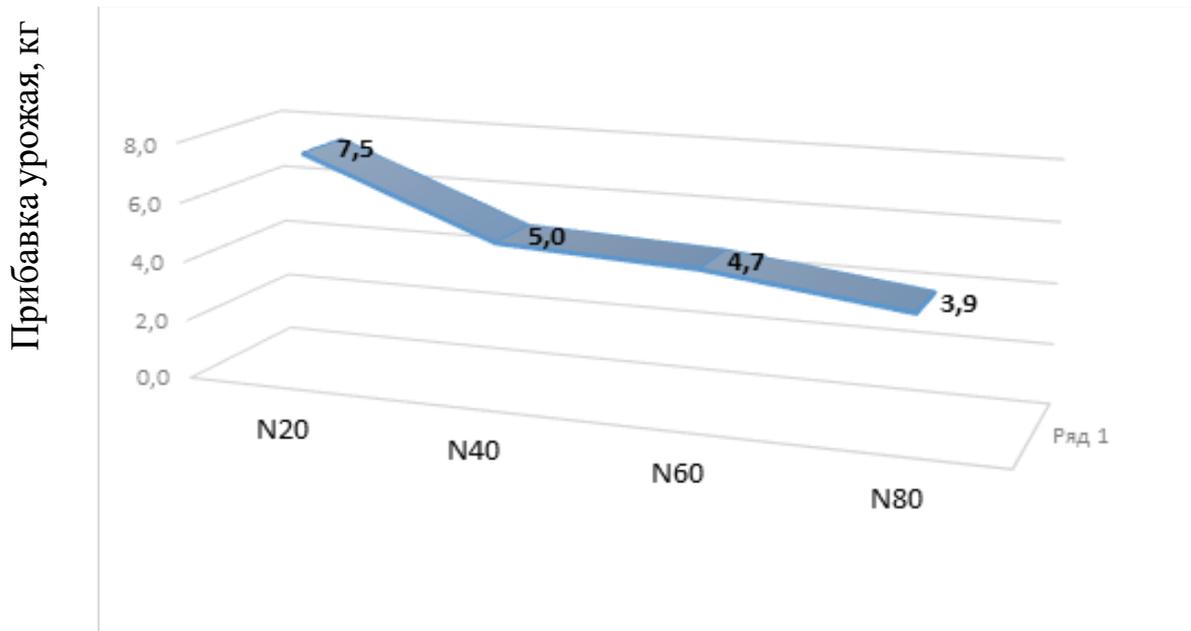


Рисунок 12 – Окупаемость азотных удобрений прибавкой урожая семян горчицы сарептской, кг/кг (2017 – 2019 гг.)

Согласно результатам анализа данных по урожайности по главному эффекту нормы высева оптимальное сочетание густоты растений и их продуктивности было зафиксировано при высеве 2,5 млн шт. семян/га. При этом средняя за три года урожайность маслосемян была на уровне 0,77 т/га и доказуемо превысила варианты с высевом 0,5; 1,0; 1,5; 3,0 млн шт. семян/га. Самую низкую продуктивными сформировали посевы при норме высева 0,5 млн шт./га, при которой урожайность семян находилась на уровне 0,56 т/га. При этом в острозасушливых условиях 2018 года продуктивность посевов горчицы сарептской была очень низкой и статистически находилась на одном уровне при всех нормах высева (0,22 – 0,25 т/га). В благоприятных условиях 2017 года максимальный урожай 1,27 т/га был получен при норме высева 2,5 млн шт./га, отклонения в сторону увеличения или уменьшения от данной нормы вели к существенному снижению урожайности культуры. Высокий урожай (0,82 т/га) при этой же норме высева был получен и в условиях 2019 года, однако статистически он находился на одном уровне с урожаем при посеве нормами 1,5; 2,0; 3,0 млн шт./га.

Таким образом наши исследования указывают на то, что с ухудшением условий вегетации влияние дозы азота и нормы высева на продуктивность посева горчицы сарептской снижается.

Применение регрессионного анализа позволило нам описать закономерности влияния дозы азотного удобрения и нормы высева семян на урожайность горчицы сарептской в различные по метеоусловиям годы.

Наиболее полное наглядное представление о форме совместного воздействия условий года и дозы азотного удобрения на урожайность горчицы сарептской дает представленная ниже регрессионная модель (3):

$$Y_c = 0,111104 + 0,382451 * I_{gc} - 0,0196523 * N^{0,5} + 0,0550633 * I_{gc} * N^{0,5} \quad (3)$$

где Y_c – величина урожайности маслосемян горчицы сарептской, т/га;

I_{gc} – величина индекса года;

N – доза азотного удобрения, кг д. в./га.

Данное уравнение на 95 % доверительном уровне описывает характер зависимости урожайности горчицы сарептской от уровня азотного питания и условий года, которые характеризуются индексом года. Выявленная нами зависимость детерминирует порядка 92 % вариабельности урожайности горчицы сарептской при совместном воздействии дозы азотного удобрения и условий года (приложение 31). График корреляционной зависимости представлен на рисунке 13.

Согласно поверхности отклика, изображенной на рисунке, отчетливо проявляется преимущественно нелинейная зависимость урожайности горчицы сарептской от воздействия доз азотного удобрения при различных условиях года. Выявленная зависимость показывает, что урожайность культуры нелинейно растет с увеличением дозы азота по мере улучшения условий произрастания. Наибольший прирост обеспечивают высокие дозы азота в годы, в которые складываются наиболее благоприятные для горчицы условия. С ухудшением метеоусловий года

рост урожайности семян от применения азотных удобрений снижается, а при неблагоприятных условиях произрастания сходит практически к нулю.

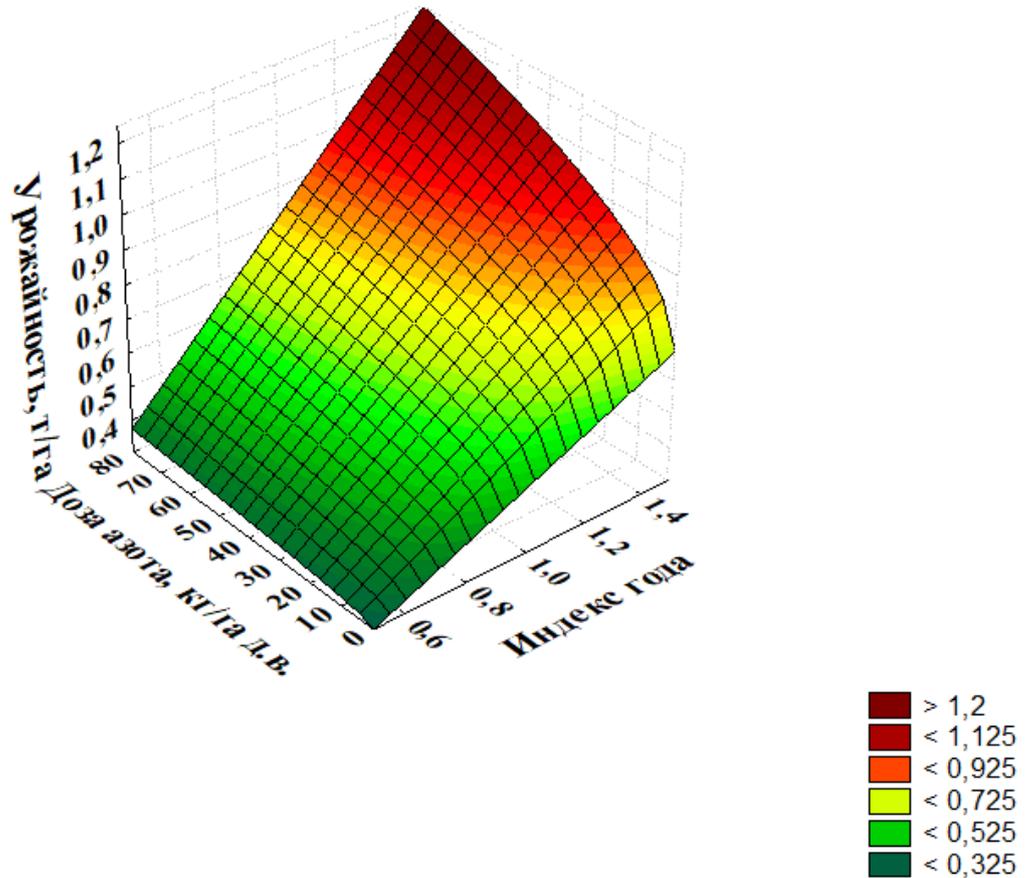


Рисунок 13 – Зависимость урожайности семян горчицы сарептской от совместного воздействия условий года и дозы азотного удобрения.

Для описания закономерностей воздействия нормы высева на продуктивность горчицы сарептской при различных условиях года наиболее подходит регрессионная модель (4), которая имеет следующий вид:

$$Y_c = 0,00306746 + 0,423256 * I_{gc} + 0,277777 * I_{gc} * N - 0,0591328 * I_{gc} * N^2 \quad (4)$$

где Y_c – урожайность семян горчицы белой, т/га;

I_{gc} – индекс года;

N – норма высева семян, млн шт./га.

Данное уравнение, количественно описывающее зависимость урожайности горчицы сарептской от густоты стояния растений и метеоусловий года, значимо с вероятностью 95 %. Выявленная нами зависимость в 83 % случаев детерминирует зависимость вариабельности урожайности культуры от совместного воздействия гидротермических условий года и норм высева (приложение 32). График зависимости представлен на рисунке 14.

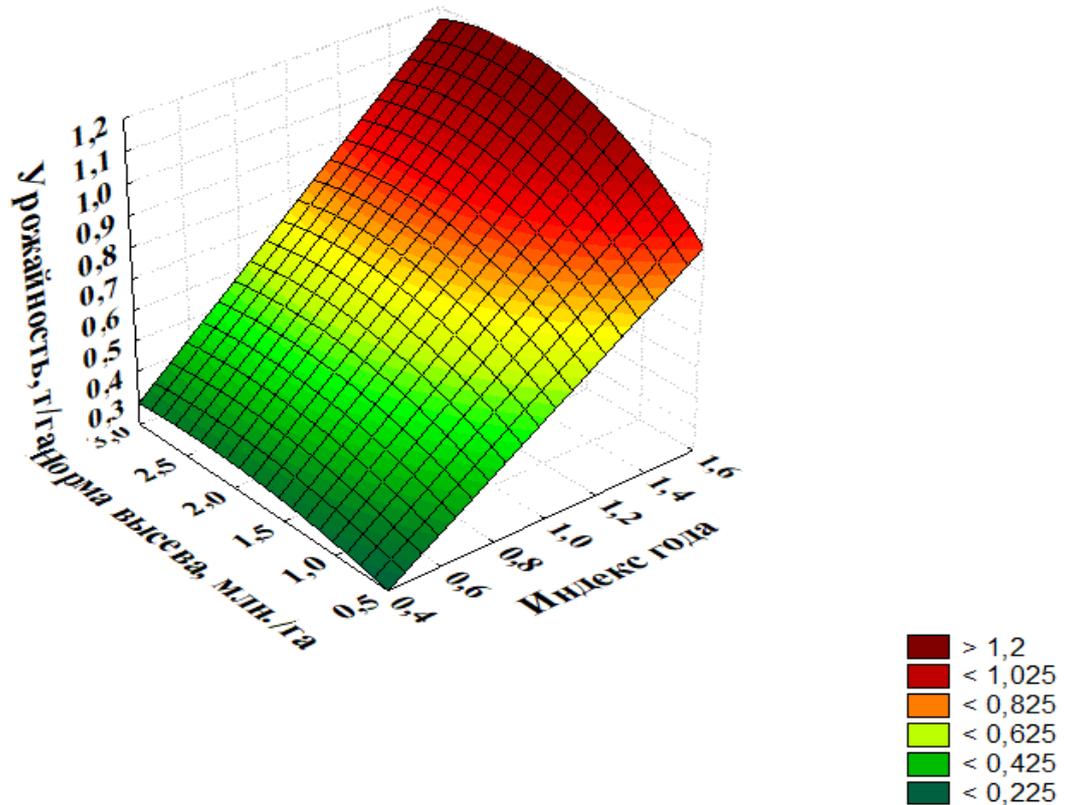


Рисунок 14 – Зависимость урожайности семян горчицы сарептской от совместного воздействия условий года и нормы высева.

Изображение на рисунке характеризует зависимость урожайности семян горчицы сарептской от совместного действия норм высева и метеоусловий года как криволинейную.

График показывает, что в благоприятных условиях произрастания семенная продуктивность посевов горчицы сарептской повышается по мере увеличения нормы высева и достигает своего пика при норме 2,5 млн шт./га. С ухудшением гидротермических условий этот пик сглаживается и сходит к нулевому эффекту

при наступлении крайне неблагоприятных условий для роста и развития растений горчицы сарептской.

Таким образом наши исследования показали, что предпосевное применение аммиачной селитры повышает урожайность горчицы сарептской на 30 – 62 %, прибавка в урожае в среднем за три года составила 0,15 – 0,31 т/га. Азотные удобрения способствуют увеличению числа стручков на одном растении и количества семян в них. Являясь ветвящимся растением, горчица сарептская довольно сильно реагирует на плотность размещения, с увеличением густоты стояния продуктивность одного растения снижается. При этом самая высокая урожайность формируется на посевах с расходом семенного материала из расчета 2,5 млн шт. /га, в среднем за период исследований она составила 0,77 т/га, что было больше в сравнении с другими вариантами на 0,04 – 0,21 т/га. Характер влияния доз азотного удобрения и норм высева на продуктивность посевов горчицы сарептской имеет определенную зависимость от метеоусловий года.

5.3 Засоренность посевов горчицы сарептской при разных нормах высева и фонах азотного удобрения

Необходимым условием получения высоких урожаев является проведение защитных мероприятий на посевах сельскохозяйственных культур от вредных организмов. Сорные растения, наряду с болезнями и вредителями, наносят существенный ущерб сельскому производству. На засоренных посевах усложняется процесс уборки и увеличиваются потери, требуется проведение дополнительных мероприятий по очистке и сушке собранного вороха, снижается качество урожая. Помимо этого, обладая высокой способностью приспосабливаться к неблагоприятным условиям внешней среды, сорняки создают жесткую конкуренцию культурным растениям за основные факторы жизни, как результат, продуктивность посевов значительно снижается.

Наиболее распространенным способом защиты растений от сорной растительности является применение гербицидов. Данный агроприем является

эффективным и экономически целесообразным на многих культурах [84, 85]. В то же время в современном мире особое внимание уделяется проблеме сохранения окружающей среды, в связи с чем растет интерес к экологическому земледелию. Исходя из этого становится ясно, что основу системы защиты растений должны составлять агротехнические и биологические методы.

Ряд исследований указывает на возможность сокращения доли химических нагрузок в процессе регулирования численности сорняков за счет применения различных экологических агроприемов. Снизить засоренность посевов возможно, как за счет соблюдения севооборотов [5, 129, 133, 148] и системы обработки почвы [139], так и за счет увеличения нормы высева культуры [23, 29, 52, 111, 121] и оптимизации системы удобрений [2, 68, 185].

В наших исследованиях учеты по сорнякам проводились в два срока: 1-й учет осуществляли в фазу образования 3-4 настоящих листьев у горчицы и 2-й учет – перед уборкой горчицы. При последнем учете, кроме количественного состава, определялась и сухая масса сорняков. Согласно полученным результатам во все годы исследований основной видовой состав был представлен малолетними ранними яровыми сорняками, их доля от общего количества при двух сроках учета находилась в пределах 85,7 – 99,3 % (таблица 32). Доминирующим видом в 2017 и 2019 гг. была Марь белая (*Chenopodium album L.*), количество ее растений в среднем по опыту варьировало от 11, 1 до 145,8 шт./м². В 2018 году на опытном поле преобладал Горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus L.*), при первом учете его численность составила 14,2, а при втором учете – 24,7 шт. на квадратном метре (приложение 33). Многолетних сорняков было мало от 0,3 до 3,1 шт./м², в основном они были представлены Вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis L.*).

Анализ данных количественных учетов показал, что численность сорняков в посевах горчицы сарептской, прежде всего, зависела от метеоусловий года. Также было выявлено влияние азотного удобрения во взаимодействии с условиями года (приложение 34, 37).

Таблица 32 – Засоренность посевов горчицы сарептской

Группа сорняков	2017 г.				2018 г.				2019 г.			
	1-й учет		2-й учет		1-й учет		2-й учет		1-й учет		2-й учет	
	шт./ м ²	%										
Всего сорняков	100,9	100	149,2	100	20,7	100	34,7	100	18,6	100	32,1	100
в том числе: Многолетние												
Корне- отпрыс- ковые	3,1	3,1	0,5	0,3	1,9	9,2	0,3	0,9	2,6	14,0	1,6	5,0
Малолетние												
Всего малолет- них:	97,8	96,9	148,7	99,7	18,8	90,8	34,4	99,1	16,0	86,0	30,5	95,0
из них:												
Ранние яровые	96,9	96,1	148,1	99,3	18,2	88,0	33,5	96,5	15,9	85,7	30,3	94,3
Поздние яровые	0,1	0,1	0,07	0,1	0,5	2,4	0,6	1,7	0,06	0,3	0,13	0,4
Зимую- щие	0,8	0,7	0,5	0,3	0,1	0,4	0,3	0,9	0,0	0,0	0,1	0,3

В 2017 году среднее количество сорных растений по опыту при первом учете составило 100,9 шт./м². В 2018 и 2019 гг. опытные поля были менее засорены – 20,7 и 18,6 шт./м² соответственно (таблица 33).

Низкая численность сорняков в условиях 2018 года была обусловлена высокими температурами воздуха (13,2 °С) и практически полным отсутствием осадков (3,1 мм) в апреле. В 2019 году средняя температура воздуха в этом месяце составила 9,9 °С, что всего на 0,6 °С выше в сравнении с 2017 годом, а осадков выпало 28,3 мм, на 11,6 мм меньше, чем в 2017 году. При этом численность сорняков в 2019 году статистически находилась на одном уровне с 2018 годом и была существенно ниже, чем в 2017 году. Данный факт указывает на то, что количество сорняков определяется не только метеоусловиями года, но и степенью засоренности опытного участка.

Таблица 33 – Количество сорняков в посеве горчицы сарептской в фазу 3 – 4 листьев (1-й учет), шт./м²

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева семян, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Средние по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	122	17	27	55,3	56,9
	1,0	121	14	28	54,3	44,9
	1,5	169	9	22	66,7	47,1
	2,0	131	21	25	59,0	46,9
	2,5	120	19	17	52,0	42,5
	3,0	95	22	13	43,3	42,1
	Среднее	126,3	17,0	22,0	55,1	
N ₂₀	0,5	134	27	21	60,7	
	1,0	73	27	26	42,0	
	1,5	89	13	12	38,0	
	2,0	91	25	14	43,3	
	2,5	96	22	9	42,3	
	3,0	97	19	20	45,3	
	Среднее	96,7	22,2	17,0	45,3	
N ₄₀	0,5	92	13	19	41,3	
	1,0	92	26	26	48,0	
	1,5	126	22	9	52,3	
	2,0	121	20	17	52,7	
	2,5	100	16	15	43,7	
	3,0	130	17	17	54,7	
	Среднее	110,2	19,0	17,2	48,8	
N ₆₀	0,5	169	22	16	69,0	
	1,0	61	26	22	36,3	
	1,5	72	18	14	34,7	
	2,0	77	35	15	42,3	
	2,5	88	21	18	42,3	
	3,0	54	19	17	30,0	
	Среднее	86,8	23,5	17,0	42,4	
N ₈₀	0,5	111	30	34	58,3	
	1,0	87	24	20	43,7	
	1,5	75	28	28	43,7	
	2,0	79	16	17	37,3	
	2,5	70	14	12	32,0	
	3,0	85	18	8	37,0	
	Среднее	84,5	21,7	19,8	42,0	
Среднее по С		100,9	20,7	18,6	46,7	

НСР₀₅ (С) = 7,64; НСР₀₅ (АС) = 18,94

Уровень азотного обеспечения на численность взошедших сорняков значимо влиял лишь при взаимодействии со складывающимися условиями года. Согласно полученных данных в 2018 и 2019 гг. засоренность на всех фонах удобрений была на одном уровне и изменялась по вариантам от 17,0 до 23,5 и от 17,0 до 22,0 шт./м² соответственно, при НСР₀₅ (АС) = 18,94 шт./м². А вот в 2017 году максимальное количество сорняков возшло на контроле – 126,3 шт./м², при этом их было достоверно больше, чем на фоне внесения N₂₀, N₆₀ и N₈₀, но находилось на одном уровне с N₄₀ (110,2 шт./м²). Статистическая обработка данных 2017 года не подтвердила значимого влияния фона азотного питания на количество взошедших сорняков (приложение 35, 36). На основании этого следует предположить, что влияние азотных удобрений на количество взошедших сорняков во взаимодействии с условиями года носит случайный характер.

Количественные учеты второго срока показали, что к уборке горчицы численность сорняков возрастает в 1,5 – 1,7 раза вне зависимости от складывающихся метеоусловий года. В 2017 году средняя засоренность по опыту увеличилась со 100,9 до 149,2 шт./м², в 2018 – с 20,7 до 34,7 и в 2019 – с 18,6 до 32,1 шт./м² (таблица 34).

Рост засоренности был обусловлен появлением второй волны сорняков в период созревания горчицы. В основном он произошел за счет мари белой и горца вьюнкового (приложение 33). Сорняки возшли на всех вариантах опыта независимо от уровня азотного питания и нормы высева культуры.

Таким образом, закономерности, которые были выявлены при первом учете, сохранились и ко второму учету, и в основном они были обусловлены неравномерной засоренностью опытных участков в годы исследований.

Засоренность посевов определяется не только количеством сорных растений на единице площади, но и степенью их развития. Весовые учеты показали, что абсолютно сухая масса сорных растений зависела от условий года, нормы высева культуры и дозы азотного удобрения. Также было доказано влияние взаимного действия нормы высева и условий года (приложение 38).

Таблица 34 – Количество сорняков в посеве горчицы сарептской перед уборкой урожая (2-й учет,), шт./м²

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Средние по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	162	26	33	73,7	81,1
	1,0	189	18	43	83,3	71,1
	1,5	203	24	42	89,7	73,6
	2,0	136	41	45	74,0	70,4
	2,5	160	36	36	77,3	68,3
	3,0	116	28	44	62,7	67,6
	Среднее	161,0	28,8	40,5	76,8	
N ₂₀	0,5	178	22	37	79,0	
	1,0	135	29	37	67,0	
	1,5	121	36	40	65,7	
	2,0	153	41	25	73,0	
	2,5	158	33	41	77,3	
	3,0	169	42	38	83,0	
	Среднее	152,3	33,8	36,3	74,2	
N ₄₀	0,5	148	31	28	69,0	
	1,0	173	35	38	82,0	
	1,5	216	25	23	88,0	
	2,0	193	27	26	82,0	
	2,5	167	34	21	74,0	
	3,0	207	29	25	87,0	
	Среднее	184,0	30,2	26,8	80,3	
N ₆₀	0,5	254	26	34	104,7	
	1,0	119	46	35	66,7	
	1,5	119	46	19	61,3	
	2,0	127	54	23	68,0	
	2,5	127	41	24	64,0	
	3,0	81	45	24	50,0	
	Среднее	137,8	43,0	26,5	69,1	
N ₈₀	0,5	161	34	43	79,3	
	1,0	103	35	31	56,3	
	1,5	109	42	39	63,3	
	2,0	93	42	30	55,0	
	2,5	85	39	23	49,0	
	3,0	114	35	17	55,3	
	Среднее	110,8	37,8	30,5	59,7	
Среднее по С		149,2	34,7	32,1	72,0	

НСР₀₅ (С) = 11,97; НСР₀₅ (АС) = 32,66

Максимальное развитие сорные растения получили в условиях 2019 года, их усреднения по опыту абсолютно сухая масса составила $180,8 \text{ г/м}^2$, превысив показатели 2017 и 2018 гг. на 120,5 и 144,6 г соответственно. Столь мощное развитие сорной растительности в 2019 году спровоцировали значительные осадки (69,8 мм), которые выпали преимущественно в период образования зеленого стручка и созревания горчицы сарептской. В это время в силу биологических особенностей горчица сокращает свое водопотребление и выпавшие осадки в основном были использованы сорняками. Засушливые условия 2018 года оказали отрицательное действие не только на семенную продуктивность посевов горчицы, но и на степень развития сорной растительности, абсолютно сухая масса сорняков была самой низкой за годы исследований – $36,2 \text{ г/м}^2$ (таблица 35, приложение 39).

Способность горчицы сарептской конкурировать с сорными растениями за жизненно-важные факторы возрастала с увеличением густоты стояния культурных растений, наименее развитыми в среднем за период исследований были сорняки при наибольшей норме высева семян (3,0 млн шт./га), их абсолютно сухая масса составила – $44,3 \text{ г/м}^2$. Исключением стала лишь предидущая норма (2,5 млн шт./га). Несмотря на то, что абсолютно сухая масса сорняков в этом варианте была больше $57,3 \text{ г/м}^2$, увеличение роста засоренности в сравнении с нормой 3,0 млн шт./га статистически не доказано.

Азотные удобрения способствовали развитию сорной растительности. По величине абсолютно сухой массы сорняков контроль достоверно превысили дозы азота N_{60} и N_{80} , масса сорняков в этих вариантах в среднем составила 105,4 и 106,5 г/м^2 . При внесении N_{20} и N_{40} абсолютно сухая масса сорняков была выше контроля, но статистически с ним находилась на одном уровне.

Анализ данных по годам показал, что в благоприятном для горчицы 2017 году абсолютно сухая масса сорняков в вариантах с высевами нормами 2,5 и 3,0 млн всхожих семян гектар находилась на одном уровне – 31,5 и 30,8 г/м^2 соответственно, и была статистически меньше, чем при высевах нормами 0,5, 1,0 и 1,5 млн. В острозасушливых условиях 2018 года норма высева 3,0 млн шт./га по величине абсолютно сухой массы сорняков доказуемо была лучше только в

сравнении с нормой высева 0,5 млн шт./га, 22,7 и 48,0 г/м² соответственно. Разница между другими вариантами находилась в пределах ошибки опыта.

Таблица 35 – Абсолютно сухая масса сорных растений в посевах горчицы сарептской в зависимости от изучаемых факторов, г/м²

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	67,2	41,0	289,0	132,4	180,8
	1,0	53,3	36,0	187,7	92,3	117,9
	1,5	44,9	13,0	130,0	62,6	92,6
	2,0	23,0	17,6	96,0	45,6	61,8
	2,5	30,3	22,1	108,2	53,5	57,3
	3,0	20,3	18,5	98,0	45,6	44,3
	Среднее	39,8	24,7	151,5	72,0	
N ₂₀	0,5	125,4	34,8	320,4	160,2	
	1,0	54,8	13,0	262,4	110,1	
	1,5	47,6	44,9	207,4	100,0	
	2,0	51,8	30,3	72,3	51,4	
	2,5	37,2	20,3	130,0	62,5	
	3,0	41,0	21,2	98,0	53,4	
	Среднее	59,6	27,4	181,7	89,6	
N ₄₀	0,5	106,1	36,0	361,0	167,7	
	1,0	75,7	54,8	213,2	114,5	
	1,5	64,0	59,3	139,2	87,5	
	2,0	77,4	26,0	90,3	64,6	
	2,5	44,9	33,6	88,4	55,6	
	3,0	50,4	14,4	64,0	43,0	
	Среднее	69,8	37,4	159,3	88,8	
N ₆₀	0,5	216,1	62,4	404,0	227,5	
	1,0	82,8	56,3	302,8	147,3	
	1,5	59,3	44,9	92,2	65,4	
	2,0	34,8	64,0	166,4	88,4	
	2,5	25,0	37,2	121,0	61,1	
	3,0	15,2	31,4	81,0	42,5	
	Среднее	72,2	49,4	194,6	105,4	
N ₈₀	0,5	174,2	65,6	408,0	216,0	
	1,0	59,3	57,8	259,2	125,4	
	1,5	49,0	47,6	346,0	147,5	
	2,0	31,4	27,0	118,8	59,1	
	2,5	20,3	27,0	114,5	53,9	
	3,0	27,0	28,1	56,3	37,1	
	Среднее	60,2	42,2	217,1	106,5	
Среднее по С		60,3	36,2	180,8	92,5	

В 2019 году наименьшая абсолютно сухая масса сорняков была при высеве нормой 3,0 млн шт./га. – 79,5 г/м². Данный факт свидетельствует о том, что в благоприятных условиях развития высокое угнетающее действие на сорняки горчица сарептская проявляет при высеве нормой 2,5 млн шт./га.

В менее благоприятные годы подавляющая способность горчицы снижается и норму высева следует увеличить до 3,0 млн шт./га.

Проведенные исследования показали, что уровень азотного питания и норма высева горчицы сарептской значимого влияния на видовой состав и численность сорняков не оказывают, данные показатели определяются условиями года индивидуальной степенью засоренности поля. К моменту уборки культуры численность сорняков возрастает в 1,5–1,7 раза за счет появления второй волны в период созревания горчицы. Метеоусловия года, норма высева горчицы и доза азотного удобрения оказывают существенное влияние на степень развития сорняков.

Недостаточное количество осадков в первой половине и избыточное во второй половине вегетации горчицы способствует увеличению абсолютной сухой массы сорняков до 180,8 г/м², что в 3–5 раз больше в сравнении с годами, когда весь вегетационный период горчицы или только его вторая часть характеризуются как засушливые.

С увеличением густоты стояния растений способность горчицы подавлять сорняки усиливается. Абсолютно сухая масса сорняков снижается со 180,8 до 44,3 г/м² при увеличении нормы высева от 0,5 до 3,0 млн шт./га.

В благоприятные для развития горчицы годы максимальное угнетение сорняков обеспечивает норма высева 2,5 млн шт./га. С ухудшением метеоусловий хороший результат показывает более высокая норма высева – 3,0 млн шт./га.

Азотные удобрения способствуют росту и развитию сорной растительности, существенное увеличение засоренности обеспечивают дозы N₆₀ и N₈₀, абсолютно сухая масса сорняков на фоне внесения этих доз составила 105,4 и 106,5 г/м² и была в 1,5 раза больше контроля.

5.4 Накопление жирного и эфирного масел в семенах горчицы сарептской

Вторыми по значению, после урожайности, хозяйственно-ценными признаками горчицы сарептской являются содержание жирного и эфирного масел в ее семенах. Масло горчицы относится к высококачественным, оно стойко к окислению при хранении и термической обработке, имеет низкую температуру замерзания, его широко применяют в пищевой промышленности (безэруковые сорта) и на технические цели. Горчичное масло характеризуется высокими вкусовыми достоинствами, в нем содержится большое количество витаминов А, В₆, РР, Д и Е оно считается лучшим для применения в хлебопечении и при консервировании мясной и овощной продукции [76, 78, 209, 193]. Селекционерами постоянно ведется работа не только по созданию высокоурожайных сортов, но и по увеличению масличности семян горчицы [77, 178].

Пикантный острый вкус горчице придает эфирное (или аллиловое) масло, оно же обеспечивает ее и бактерицидно-фунгицидными свойствами. Селекция на этот признак в нашей стране ведется с 1956 года [157] и не утратила своей актуальности по сей день. В последние годы значительно возрос интерес со стороны пищевой и перерабатывающей промышленности к сырью с повышенным содержанием эфирного масла [37, 38].

Масличность и эфиромасличность являются сортовыми признаками, но также они находятся в определенной зависимости и от условий выращивания [28, 136, 186].

Согласно результатам наших исследований процесс накопления жирного масла в семенах горчицы сарептской находится под воздействием условий года, на долю действия данного фактора пришлось 93,6 %. Азотные удобрения влияли на масличность семян только во взаимодействии с условиями года, доля действия была низкой – 1,2 %, но существенной (рисунок 15).



Рисунок 15 – Доля действия факторов (А – доза азотного удобрения, С – условия года) на накопление жирного масла в семенах горчицы сарептской, %

Максимальное количество жира накопилось в семенах в благоприятном для горчицы 2017 году, в среднем по опыту его содержание составило 51,4 %, варьирование по вариантам находилось в пределах 49,3 – 52,5 %. Низкой масличностью характеризовались семена, полученные в острозасушливом 2018 году, в них содержалось от 41,6 до 43,4 % масла (таблица 36, приложение 40).

Корреляционный анализ показал, что процесс маслонакопления находится в сильной зависимости от метеоусловий в период «всходы – цветение» и «начало созревания – полная спелость».

Высокие температуры воздуха на начальных этапах развития горчицы оказывают отрицательное влияние на содержание масла, коэффициент корреляции составил $-0,98$. А вот достаточная влагообеспеченность и увеличение продолжительности периода «всходы – цветение» способствуют большему накоплению масла в семенах, коэффициент корреляции $0,96$ (таблица 37).

Данный факт связан с тем, что период «всходы – цветение» сильно меняется под влиянием складывающихся метеоусловий. Сухая и жаркая погода способствуют быстрому переходу к стеблеванию, практически не образуя розетки, а хорошо развитая розетка – это залог хорошего урожая [157]. Наши исследования это подтверждают. В 2017 году продолжительность периода «всходы – цветение» составила 19 дней, что на 5 дней больше в сравнении с 2019 годом и на 13 дней

больше в сравнении с 2018 годом, осадков соответственно выпало на 40,6 и 15,2 мм больше (приложение 41). В этом же году посеvy горчицы сарептской были максимально продуктивными и семена характеризовались самым высоким содержанием жирного масла.

Таблица 36 – Массовая доля жирного масла в семенах горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, %

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	51,2	42,0	47,8	47,0	46,5
	1,0	49,9	41,9	47,4	46,4	46,6
	1,5	51,6	42,2	47,4	47,0	46,8
	2,0	51,3	42,5	47,3	47,0	46,9
	2,5	50,8	42,4	46,7	46,6	46,9
	3,0	51,3	42,3	46,3	46,6	46,8
	Среднее	51,0	42,2	47,1	46,8	
N ₂₀	0,5	51,1	41,9	47,6	46,9	
	1,0	52,3	42,0	47,2	47,2	
	1,5	52,1	42,1	47,1	47,1	
	2,0	51,5	42,7	47,1	47,1	
	2,5	52,3	42,9	47,6	47,6	
	3,0	51,4	43,4	47,4	47,4	
	Среднее	51,8	42,5	47,3	47,2	
N ₄₀	0,5	52,0	42,4	46,2	46,9	
	1,0	52,5	42,2	46,9	47,2	
	1,5	51,9	41,8	46,7	46,8	
	2,0	52,2	42,1	47,1	47,1	
	2,5	52,0	42,6	46,7	47,1	
	3,0	52,2	43,1	47,1	47,5	
	Среднее	52,1	42,3	46,8	47,1	
N ₆₀	0,5	50,7	42,1	46,3	46,3	
	1,0	50,6	43,0	45,2	46,3	
	1,5	51,2	42,2	46,0	46,4	
	2,0	52,5	43,3	46,0	47,2	
	2,5	51,7	43,2	46,0	46,9	
	3,0	51,1	43,4	44,9	46,5	
	Среднее	51,3	42,8	45,7	46,6	
N ₈₀	0,5	49,3	41,6	45,3	45,4	
	1,0	50,4	41,8	45,4	45,9	
	1,5	51,9	43,0	45,4	46,7	
	2,0	50,4	42,5	45,3	46,1	
	2,5	50,7	42,8	45,4	46,3	
	3,0	51,3	42,3	44,9	46,1	
	Среднее	50,6	42,3	45,3	46,1	
Среднее по С		51,4	42,4	46,4	46,7	

$HCP_{05}(C) = 0,31$; $HCP_{05}(AC) = 1,21$;

Таблица 37 – Коэффициенты корреляции и детерминации между содержанием жирного масла в семенах горчицы сарептской и агрометеорологическими условиями

Показатель	R	D	Sr	Tr ф. при Tr ₀₅ =1,99
Всходы – цветение				
Среднесуточная температура воздуха, °С	-0,98	0,96	0,02	-44,31
Количество осадков, мм	0,96	0,92	0,03	32,20
Продолжительность периода, дней	0,96	0,93	0,03	33,19
Цветение – образование зеленого стручка				
Среднесуточная температура воздуха, °С	-0,61	0,37	0,08	-7,15
Количество осадков, мм	0,01	0,00	0,11	0,09
Продолжительность периода, дней	0,88	0,77	0,05	16,99
Образование зеленого стручка – начало созревания				
Среднесуточная температура воздуха, °С	-0,59	0,35	0,09	-6,93
Количество осадков, мм	-0,19	0,04	0,10	-1,81
Продолжительность периода, дней	-0,37	0,14	0,10	-3,78
Начало созревания – полная спелость				
Среднесуточная температура воздуха, °С	-0,25	0,06	0,10	-2,41
Количество осадков, мм	-0,97	0,95	0,02	-39,07
Продолжительность периода, дней	0,95	0,90	0,03	28,55

Обильные осадки в период созревания семян и сокращение продолжительности данного периода, согласно рассчитанным коэффициентам корреляции (-0,97 и 0,95), негативно сказываются на процессе накопления жирного масла в семенах горчицы.

Характер и степень влияния азотных удобрений на маслонакопительный процесс определялись условиями года. В 2018 году засуха нивелировала эффект от применения удобрений. На всех вариантах, включая контроль, содержание масла было практически одинаковым, незначительно изменяясь от 42,2 до 42,8 %. В 2017 и 2019 гг. влияние уровня азотного питания на масличность семян доказано. При этом в благоприятных для горчицы условиях 2017 года азот в малых дозах (N₂₀ и N₄₀) способствовал несущественному увеличению значения данного показателя с 51,0 до 52,1 %, а более высокие дозы (N₆₀ и N₈₀) вели к обратному эффекту – с 52,1 до 50,6 %. Несмотря на то, что все варианты с удобрениями находились

статистически на одном уровне с контролем, внесение азота из расчета 80 кг д.в./га было менее эффективным в сравнении с внесением 40 кг д.в./га ($НСР_{05} (AC) = 1,21 \%$). В малоблагоприятном для горчицы 2019 году азотные удобрения оказали отрицательное влияние на маслонакопительный процесс. Значение показателя масличности устойчиво снижалось в результате применения и увеличения дозы вносимого азота. В итоге содержание масла в семенах на фоне внесения N_{60} и N_{80} находилось на одном уровне 45,7, и 45,3 % соответственно и было достоверно ниже контроля 47,1 %.

Таким образом наши исследования указывают на снижение содержания жирного масла в семенах горчицы сарептской в результате внесения высоких доз азота, что подтверждает выводы Б.Н. Воронина [27] и А.А. Ничипоровича [132] о негативном влиянии данного макроэлемента на маслонакопительные процессы в семенах горчицы.

Ряд исследователей отмечают, что требования накопления жирного и эфирного масел у горчицы к условиям внешней среды прямо противоположны. Их наблюдения указывают на то, что засуха способствует большему содержанию эфирного масла и меньшему содержанию жирного масла [63, 157]. Подобная закономерность подтверждена и нашими исследованиями. Самой высокой эфирмасличностью характеризовались семена урожая острозасушливого 2018 года, данный показатель в среднем составил 0,70 % (таблица 38, приложение 42) и в этом же году масличность семян была самой низкой 42,4%.

Результаты статистической обработки полученных данных показали, что на долю влияния условий года пришлось 86,5 %, и только этот фактор, из изучаемых, оказал существенное воздействие на содержание эфирного масла (приложение 43).

Корреляционный анализ показал сильную связь содержания эфирного масла в семенах горчицы сарептской с метеоусловиями периодов «всходы – цветение» и «начало созревания – полная спелость» (таблица 39).

Таблица 38 – Массовая доля эфирного масла в семенах горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, %

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	0,58	0,69	0,56	0,61	0,61
	1,0	0,59	0,69	0,56	0,61	0,61
	1,5	0,58	0,72	0,54	0,61	0,62
	2,0	0,58	0,71	0,54	0,61	0,61
	2,5	0,58	0,70	0,53	0,60	0,61
	3,0	0,57	0,70	0,52	0,59	0,60
	Среднее	0,58	0,70	0,54	0,61	
N ₂₀	0,5	0,60	0,72	0,56	0,63	
	1,0	0,57	0,69	0,57	0,61	
	1,5	0,56	0,73	0,59	0,62	
	2,0	0,57	0,71	0,56	0,61	
	2,5	0,56	0,71	0,56	0,61	
	3,0	0,57	0,73	0,57	0,62	
	Среднее	0,57	0,71	0,57	0,62	
N ₄₀	0,5	0,58	0,66	0,57	0,60	
	1,0	0,56	0,72	0,57	0,61	
	1,5	0,57	0,71	0,58	0,62	
	2,0	0,57	0,71	0,56	0,61	
	2,5	0,57	0,72	0,56	0,61	
	3,0	0,55	0,69	0,56	0,60	
	Среднее	0,56	0,70	0,56	0,61	
N ₆₀	0,5	0,60	0,71	0,57	0,62	
	1,0	0,59	0,69	0,51	0,60	
	1,5	0,60	0,71	0,58	0,63	
	2,0	0,56	0,70	0,53	0,60	
	2,5	0,59	0,71	0,53	0,61	
	3,0	0,57	0,71	0,53	0,60	
	Среднее	0,58	0,70	0,54	0,61	
N ₈₀	0,5	0,58	0,71	0,56	0,62	
	1,0	0,58	0,71	0,53	0,61	
	1,5	0,56	0,70	0,56	0,60	
	2,0	0,57	0,71	0,55	0,61	
	2,5	0,57	0,70	0,55	0,61	
	3,0	0,57	0,70	0,54	0,60	
	Среднее	0,57	0,70	0,55	0,61	
Среднее по С		0,57	0,70	0,55	0,61	

НСР₀₅ (С) = 0,013

Таблица 39 – Коэффициенты корреляции и детерминации между содержанием эфирного масла в семенах горчицы сарептской и агрометеорологическими условиями

Показатель	R	D	Sr	Tr ф. при Tr ₀₅ =1,99
Всходы – цветение				
Среднесуточная температура воздуха, °С	0,77	0,60	0,07	11,42
Количество осадков, мм	-0,85	0,72	0,06	-15,14
Продолжительность периода, дней	-0,84	0,71	0,06	-14,79
Цветение – образование зеленого стручка				
Среднесуточная температура воздуха, °С	-0,04	0,00	0,11	-0,42
Количество осадков, мм	-0,64	0,42	0,08	-7,91
Продолжительность периода, дней	-0,37	0,14	0,10	-3,76
Образование зеленого стручка – начало созревания				
Среднесуточная температура воздуха, °С	-0,06	0,00	0,11	-0,56
Количество осадков, мм	-0,48	0,23	0,09	-5,17
Продолжительность периода, дней	-0,31	0,10	0,10	-3,04
Начало созревания – полная спелость				
Среднесуточная температура воздуха, °С	0,80	0,65	0,06	12,67
Количество осадков, мм	0,65	0,43	0,08	8,08
Продолжительность периода, дней	-0,87	0,76	0,05	-16,64

Низкая влагообеспеченность на фоне высоких температур воздуха оказала положительное влияние на процесс накопления эфирного масла. Данный показатель в 2018 году был самым высоким и варьировал в пределах 0,66-0,73 %.

Выход жирного и эфирного масел с единицы площади определяется не только их содержанием в семенах, но и урожайностью семян горчицы. Наши расчеты показали, что валовой сбор жирного и эфирного масел в большей степени зависел от урожайности культуры.

Так в 2017 году на фоне внесения N₈₀ было получено 581 кг масла с одного гектара, что существенно больше, чем при внесении N₄₀ (таблица 40, приложение 44). При этом масличность в данном варианте составила 50,6 % и была статистически меньше, чем на фоне N₄₀ (52,1 %).

Таблица 40 – Валовой сбор жирного масла горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, кг/га

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	178	82	215	158	235
	1,0	294	69	242	201	269
	1,5	309	74	256	213	290
	2,0	466	88	252	269	304
	2,5	394	86	260	247	338
	3,0	243	81	259	194	306
	Среднее	314	80	247	214	
N ₂₀	0,5	408	94	214	238	
	1,0	404	74	274	251	
	1,5	497	71	295	287	
	2,0	430	79	297	269	
	2,5	571	86	354	337	
	3,0	586	106	324	338	
	Среднее	482	85	293	287	
N ₄₀	0,5	293	73	224	197	
	1,0	439	82	279	267	
	1,5	485	72	335	297	
	2,0	515	69	340	308	
	2,5	642	93	342	359	
	3,0	636	93	330	353	
	Среднее	502	80	308	297	
N ₆₀	0,5	524	54	292	290	
	1,0	462	88	320	290	
	1,5	489	99	340	309	
	2,0	614	83	344	347	
	2,5	631	111	378	373	
	3,0	540	107	324	323	
	Среднее	543	90	333	322	
N ₈₀	0,5	535	77	267	293	
	1,0	630	87	298	338	
	1,5	580	118	327	341	
	2,0	555	77	353	328	
	2,5	656	87	385	376	
	3,0	531	103	330	321	
	Среднее	581	91	326	333	
Среднее по С		484	85	301	290	

HCP₀₅ (А) = 44,5; HCP₀₅ (В) = 41,9; HCP₀₅ (С) = 27,4; HCP₀₅ (АС) = 66,1

Максимальный валовой сбор жирного масла был получен в высокоурожайном 2017 году, в среднем по опыту он составил 484 кг/га. Меньше всего жирного масла было собрано в низкоурожайном 2018 году – 85 кг/га.

В среднем за годы исследований на удобренных вариантах выход жирного масла находился в пределах 287 – 333 кг/га и был существенно выше контроля. Среди вариантов с разными дозами азота значимая разница отмечена только между внесением N_{80} и N_{20} , во всех остальных случаях сбор находился статистически на одном уровне.

В 2017 и 2019 гг. выход масла с улучшением уровня азотного питания так же, как и урожайность, увеличивался. В 2017 году максимальное количество жира было получено на фоне внесения N_{80} – 581 кг/га, а в 2019 году удобренные варианты были лучше контроля, но между собой находились статистически на одном уровне.

Наибольший выход масла обеспечила норма высева 2,5 млн шт./га – 338 кг/га, этот же вариант был и самым урожайным.

По валовому сбору эфирного масла выявлены практически те же закономерности, что и по валовому сбору жирного масла. Так наибольший сбор эфирного масла был получен в 2017 году – 5,4 кг/га, а наименьший в 2018 году – 1,4 кг/га, тогда как содержание эфирного масла в семенах было максимальным за годы исследований.

Удобренные варианты были лучше контроля, но между собой существенно различались только N_{20} и N_{80} (3,4 и 4,0 кг/га при $НСР_{05} = 0,55$). В условиях 2017 года больше всего было получено эфирного масла на фоне внесения N_{80} – 6,6 кг/га, в 2019 году лучше контроля (2,8 кг/га) были варианты с внесением N_{40} , N_{60} и N_{80} (3,7-4,0 кг/га), в 2018 году удобрения не оказали значимого влияния на сбор эфирного масла. Посев нормой 2,5 млн шт./га обеспечил наибольший выход маслосемян и как следствие наибольший сбор эфирного масла (таблица 41, приложение 45).

Таблица 41 – Валовой сбор эфирного масла горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, кг/га

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	2,1	1,3	2,5	2,0	2,9
	1,0	3,5	1,1	2,9	2,5	3,2
	1,5	3,5	1,3	2,9	2,6	3,5
	2,0	5,2	1,5	2,9	3,2	3,6
	2,5	4,5	1,4	3,0	3,0	4,0
	3,0	2,6	1,3	3,0	2,3	3,7
	Среднее	3,6	1,3	2,8	2,6	
N ₂₀	0,5	4,8	1,6	2,5	3,0	
	1,0	4,4	1,2	3,3	3,0	
	1,5	5,3	1,2	3,7	3,4	
	2,0	4,8	1,3	3,6	3,2	
	2,5	6,1	1,4	4,1	3,9	
	3,0	6,5	1,8	3,9	4,0	
	Среднее	5,3	1,4	3,5	3,4	
N ₄₀	0,5	3,3	1,2	2,8	2,4	
	1,0	4,7	1,4	3,4	3,1	
	1,5	5,3	1,2	4,1	3,5	
	2,0	5,9	1,2	4,1	3,7	
	2,5	7,3	1,6	4,1	4,3	
	3,0	7,0	1,5	3,9	4,1	
	Среднее	5,6	1,3	3,7	3,5	
N ₆₀	0,5	6,2	0,9	3,6	3,6	
	1,0	5,4	1,4	3,6	3,5	
	1,5	5,7	1,7	4,3	3,9	
	2,0	6,6	1,3	4,0	4,0	
	2,5	7,1	1,9	4,4	4,4	
	3,0	6,0	1,8	3,9	3,9	
	Среднее	6,2	1,5	3,9	3,9	
N ₈₀	0,5	6,3	1,3	3,4	3,7	
	1,0	7,3	1,5	3,5	4,1	
	1,5	6,2	1,9	4,0	4,0	
	2,0	6,3	1,3	4,3	4,0	
	2,5	7,4	1,4	4,7	4,5	
	3,0	6,1	1,7	4,1	4,0	
	Среднее	6,6	1,5	4,0	4,0	
Среднее по С		5,4	1,4	3,6	3,5	

$HCP_{05}(A) = 0,55$; $HCP_{05}(B) = 0,48$; $HCP_{05}(C) = 0,34$; $HCP_{05}(AC) = 0,82$

Согласно результатам исследования внесение азота в дозах N_{60} и N_{80} в отдельные годы способствует снижению содержания жирного масла в семенах горчицы сарептской. Достаточная влагообеспеченность в начальный период развития горчицы положительно влияет на процесс маслообразования, а в период созревания – отрицательно. На накопление эфирного масла существенно влияют только условия года. Валовой сбор жирного и эфирного масел зависит от урожайности горчицы.

ГЛАВА 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

В условиях современного рынка основной целью сельхозтоваропроизводителей является получение прибыли, в связи с чем наблюдается постоянный интерес к высокорентабельным культурам. Крымские ученые отмечают, что масличные культуры высокого урожая в засушливых условиях Крыма не формируют, но благодаря высокой стоимости продукции являются экономически рентабельными [33].

Многие исследования указывают на то, что за счет применения некоторых агротехнических мероприятий при соблюдении всех элементов технологии возделывания можно повысить не только урожайность горчицы, но и экономическую эффективность ее выращивания [74, 95, 211].

Принимая во внимание высокую стоимость горюче-смазочных материалов, минеральных удобрений и средств защиты растений очень важно чтобы применяемые агротехнические приемы снижали себестоимость продукции, а также способствовали увеличению объемов ее производства и улучшению качества.

В связи с этим актуальным является вопрос о достижении максимального экономического эффекта за счет снижения затрат при производстве горчицы путем усовершенствования элементов технологии ее выращивания в условиях степного Крыма.

Экономическую эффективность возделывания горчицы определяли по следующим показателям: учитывали урожай семян по вариантам опытов, по технологической карте определяли затраты средств и труда на 1 га посева, рассчитывали затраты на производство 1 тонны семян культуры и стоимость произведенной продукции, высчитывали чистый доход с 1 га посева и уровень рентабельности. Расчеты проводили в ценах 2019 года.

6.1. Экономическая эффективность выращивания разных видов горчицы

Согласно анализу показателей экономической эффективности производства маслосемян разных видов горчицы видно, что в условиях степной зоны Крыма выращивание всех видов горчицы экономически целесообразно, минимальный чистый доход с одного гектара составил 4819,15 рубля (таблица 42).

Таблица 42 – Экономическая оценка возделывания разных видов горчицы в условиях степной зоны Крыма (среднее за 2017-2019 гг.)

Вид горчицы	Урожайность семян, т/га	Стоимость продукции, руб./га	Всего затрат, руб./га	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %	Себестоимость семян, руб./т
Белая	0,55	16600	8911,25	7688,75	86,3	16104,67
Сарептская	0,77	19933	8641,90	11291,43	130,7	11272,05
Черная	0,45	13400	8580,85	4819,15	56,2	19210,85

Наиболее результативным является возделывание горчицы сарептской. С одного гектара в среднем за три года было получено 0,77 тонн семян, себестоимость одной тонны составила 11272,05 рубля. При реализационной цене 26000 рублей за тонну уровень рентабельности выращивания горчицы сарептской достиг значений 130,7 %.

Вторым, экономически выгодным видом для выращивания в условиях степного Крыма, является горчица белая. Уровень рентабельности её возделывания в степной зоне Крыма в исследуемом периоде составил 86,3 %.

При одинаковых условиях выращивания самые низкие экономические показатели были у горчицы черной, рентабельность производства ее маслосемян составила 56,2 %. С гектара было получено в среднем 0,45 тонн семян при производственной себестоимости 19210,85 рублей за тонну.

Следует отметить, что сумма вложенных средств на 1 га возделываемой площади у всех изучаемых видов горчицы примерно одинакова, отклонения в среднем за три года исследований составили не более 4%, а полученный чистый

доход в расчёте на 1 га различен между видами более, чем в 2 раза (горчица сарептская и черная).

При анализе эффективности выращивания горчицы по годам исследований установлено, что в отдельные годы выращивание всех видов горчицы может быть убыточным, а в более благоприятные годы высокодоходным (таблица 43).

Таблица 43 – Экономическая оценка возделывания разных видов горчицы в условиях степной зоны Крыма

Вид горчицы	Урожайность семян, т/га	Стоимость продукции, руб./га	Всего затрат, руб./га	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %	Себестоимость семян, руб./т
2017 год						
Белая	0,81	24300	8471,44	15828,56	186,8	10458,56
Сарептская	1,24	32240	8243,43	23996,57	291,1	6647,93
Черная	0,56	16800	8113,68	8686,32	107,1	14488,72
2018 год						
Белая	0,23	6900	8360,77	-1460,77	-17,5	36351,18
Сарептская	0,22	5720	8048,81	-2328,81	-28,9	36585,50
Черная	0,20	6000	8044,99	-2044,99	-25,4	40224,97
2019 год						
Белая	0,62	18600	9901,55	8698,45	87,8	15970,24
Сарептская	0,84	21840	9633,47	12206,53	126,7	11468,42
Черная	0,58	17400	9583,86	7816,14	81,6	16523,90

Лучшие экономические показатели были получены в самом урожайном 2017 году: чистый доход с одного гектара горчицы сарептской составил почти 24 тыс. рублей., белой – более 15 тыс. рублей, черной – более 8 тыс. рублей.

Этот же показатель в 2018 году, когда растения развивались в экстремальных условиях и урожай был самым низким за годы исследований, получен убыток по всем видам горчицы от 1460,77 до 2328,81 рублей. Стоимость выращенных семян в среднем оказалась в 1,2 – 1,4 раза ниже затрат, понесенных на получение этой продукции.

Чистый доход с единицы площади в 2019 году был практически на одном уровне с чистым доходом полученным в среднем за три года исследований, исключение составила только горчица черная, у которой он был в 1,6 раза выше и составил 7816,14 рублей в текущем году против 4819,15 рублей в среднем за 2017–2019 гг. Следует отметить, что чистый доход 2019 года с прибылью окупил убытки 2018 года при выращивании всех видов горчицы, прибыль по горчице сарептской составила 9877,72, по горчице белой – 7237,68 и по горчице черной – 5771,15 руб./га.

Таким образом результаты исследований показали, что выращивание всех видов горчицы в условиях степного Крыма экономически оправдано. При невысокой урожайности за счет высокой стоимости продукции производство данной культуры рентабельно. Убытки в крайне неблагоприятные для развития горчицы годы окупаются прибылью одного среднего по урожайности года.

6.2. Экономическая оценка агротехнических приемов возделывания горчицы белой

Одним из критериев определения целесообразности применения того или иного агроприема является экономическая эффективность.

Согласно проведенным расчетам возделывание горчицы белой на семена, независимо от влияния нормы высева, в среднем за три года изучаемого периода наиболее эффективно было при дозе внесения N_{20} или 60 кг/га аммиачной селитры в физическом весе. Себестоимость одной тонны семян горчицы в этом варианте была самой низкой 19638,24 рубля, что более чем на десять тысяч ниже цены реализации, уровень рентабельности при этом был самым высоким 53,0% (таблица 44).

Анализ экономической эффективности по нормам высева показал, что независимо от дозы внесения минеральных удобрений, наилучший результат был получен при норме высева 2 млн штук на гектар.

Таблица 44 – Экономическая оценка возделывания горчицы белой на семена в зависимости от нормы высева и дозы азотных удобрений (2017-2019 гг.)

Доза азотного удобрения, кг д.в./га (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Урожайность семян, т/га	Стоимость продукции, руб./га	Всего затрат, руб./га	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %	Себестоимость семян, руб./т
N ₀	0,5	0,32	9700	7704,67	1995,33	25,9	23828,88
	1,0	0,40	12000	8106,86	3893,14	48,0	20267,16
	1,5	0,43	13000	8500,79	4499,21	52,9	19617,21
	2,0	0,47	14100	8895,35	5204,65	58,5	18926,28
	2,5	0,43	12900	9275,28	3624,72	39,1	21570,43
	3,0	0,44	13300	9665,39	3634,61	37,6	21801,64
N ₂₀	0,5	0,43	12900	9133,46	3766,54	41,2	21240,61
	1,0	0,49	14700	9532,48	5167,52	54,2	19454,04
	1,5	0,50	14900	9921,31	4978,69	50,2	19975,80
	2,0	0,54	16200	10317,15	5882,85	57,0	19105,83
	2,5	0,58	17400	10712,35	6687,65	62,4	18469,56
	3,0	0,57	17000	11097,37	5902,63	53,2	19583,59
N ₄₀	0,5	0,42	12600	10464,46	2135,54	20,4	24915,37
	1,0	0,59	17600	10883,82	6716,18	61,7	18551,97
	1,5	0,59	17800	11272,66	6527,34	57,9	18998,86
	2,0	0,63	19000	11667,86	7332,14	62,8	18422,93
	2,5	0,61	18200	12050,33	6149,67	51,0	19863,19
	3,0	0,59	17800	12435,35	5364,65	43,1	20958,46
N ₆₀	0,5	0,57	17000	11825,34	5174,66	43,8	20868,25
	1,0	0,58	17400	12215,45	5184,55	42,4	21061,12
	1,5	0,63	19000	12613,19	6386,81	50,6	19915,56
	2,0	0,68	20400	13009,66	7390,34	56,8	19131,85
	2,5	0,64	19100	13388,96	5711,04	42,7	21029,78
	3,0	0,66	19900	13781,61	6118,39	44,4	20776,30
N ₈₀	0,5	0,55	16400	13154,42	3245,58	24,7	24062,97
	1,0	0,64	19100	13559,16	5540,84	40,9	21297,11
	1,5	0,70	21100	13959,45	7140,55	51,2	19847,55
	2,0	0,68	20300	14341,92	5958,08	41,5	21194,96
	2,5	0,67	20000	14727,58	5272,42	35,8	22091,37
	3,0	0,61	18300	15104,33	3195,67	21,2	24761,20
Средние по фактору А	N ₀	0,42	12500,00	8691,39	3808,61	43,7	21001,93
	N ₂₀	0,52	15516,67	10119,02	5397,65	53,0	19638,24
	N ₄₀	0,57	17166,67	11462,41	5704,25	49,5	20285,13
	N ₆₀	0,63	18800,00	12805,70	5994,30	46,8	20463,81
	N ₈₀	0,64	19200,00	14141,14	5058,86	35,9	22209,20
Средние по фактору В	0,5	0,46	13720,00	10456,47	3263,53	31,2	22983,22
	1,0	0,54	16160,00	10859,55	5300,45	49,4	20126,28
	1,5	0,57	17160,00	11253,48	5906,52	52,6	19671,00
	2,0	0,60	18000,00	11646,39	6353,61	55,3	19356,37
	2,5	0,58	17520,00	12030,90	5489,10	46,2	20604,86
	3,0	0,58	17260,00	12416,81	4843,19	39,9	21576,24

Чистый доход с гектара составил 6353,61 рубля, рентабельность – 55,3%, себестоимость одной тонны семян – 19356,37 рубля.

Самый низкий результат был получен в варианте с нормой высева 0,5 млн штук на один гектар – 3263,53 руб. чистого дохода с гектара при рентабельности – 31,2%.

Анализируя полученные данные при выращивании горчицы белой по годам исследований, можно установить следующее. Самые высокие экономические показатели были получены в 2017 году, уровень рентабельности по вариантам опыта находился в пределах 70,9 – 163,2 %. Наиболее эффективным было внесение азота в дозе N_{60} , рентабельность составила 138,7 % при чистом доходе 17164,71 рубля с одного гектара земли. Посев с нормой высева 2,0 млн шт./га обеспечил самый высокий чистый доход – 15725,54 руб./га, уровень рентабельности составил 138,9 % (приложение 46).

В условиях 2018 года выращивание горчицы белой было убыточным. Применение азотных удобрений только увеличило производственные затраты, хорошо прослеживался рост отрицательного уровня рентабельности (убытка) от -14,2 % без удобрений до -47,1 % при внесении азота в дозе N_{80} (приложение 47). Увеличение расхода посевного материала также способствовало росту отрицательного уровня рентабельности с -25,9 % при норме высева 0,5 млн шт./га до -42,0 % при 2,5 млн шт./га.

Уровень рентабельности выращивания горчицы белой в 2019 году находился в пределах 20,5 – 76,0 %, убыточным был только один вариант с нормой высева 0,5 млн шт./га на фоне без удобрений -10,0 % (приложение 48). Наиболее эффективным было внесение азота в дозах N_{40} и N_{20} , рентабельность составила 62,6 и 60,9 % при практически одинаковой себестоимости произведенной продукции 18775,08 и 18886,16 руб./т соответственно. Экономически выгодным был посев нормой 2,0 млн всхожих семян на гектар, уровень рентабельности составил 60,9 %, чистый доход – 7522,30 рубля. Вариант с нормой высева 2,5 млн шт./га незначительно уступил по данным показателям варианту с нормой высева 2,0 млн шт./га, 57,3 % и 7313,59 руб./га соответственно.

Учитывая высокую вариабельность показателей экономической эффективности от применения удобрений в зависимости от метеоусловий, внесение высоких доз азота в неблагоприятные годы может существенно снизить рентабельность производства семян горчицы белой. Согласно проведенным расчетам оптимальной дозой внесения под предпосевную культивацию является N_{20} , которая в среднем обеспечивает низкую себестоимость семян 19638,24 руб./т, а при неблагоприятных условиях развития горчицы наименьший рост производственных затрат. Максимальный экономический эффект при выращивании горчицы белой в условиях степного Крыма обеспечивает норма высева 2,0 млн всхожих семян на гектар, уровень рентабельности в среднем за три года составил 55,3 %.

6.3. Экономическая оценка агротехнических приемов возделывания горчицы сарептской

Каждое предприятие стремится получить больше прибыли за счет увеличения производства продукции и повышения ее качества с меньшими затратами. При выращивании горчицы сарептской экономическая оценка трехлетних исследований показала, что наилучший результат был получен при дозе внесения азота N_{20} , уровень рентабельности равен 69,6% (таблица 45). Тогда как самая высокая урожайность семян горчицы сарептской 0,81 т/га была получена при варианте внесения удобрений в дозе N_{80} , но рентабельность при этом была намного ниже – 51,3 %. Такой результат объясняется разностью между стоимостной оценкой количества вносимых удобрений и окупаемостью прибавкой урожая на данный агроприем. С увеличением дозы удобрений затраты растут быстрее, чем прибыль от дополнительного урожая.

Наиболее эффективным был посев с нормой высева 2,5 млн шт./га, уровень рентабельности составил 71,9 %. При этом следует отметить, что в варианте с высевом 2,0 млн шт./га этот показатель был незначительно ниже – 68,0 %, чистый доход с одного гектара снизился на 756,72 рублей.

Таблица 45 – Экономическая оценка возделывания горчицы сарептской на семена в зависимости от нормы высева и дозы азотных удобрений (2017-2019 гг.)

Доза азотного удобрения, кг д.в./га (А)	Нормы высева, млн шт./га (В)	Урожайность семян, т/га	Стоимость продукции, руб./га	Всего затрат, руб./га	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %	Себестоимость семян, руб./т
N ₀	0,5	0,41	10573	7643,06	2930,27	38,3	18794,41
	1,0	0,46	11960	7963,29	3996,71	50,2	17311,49
	1,5	0,52	13520	8284,79	5235,21	63,2	15932,28
	2,0	0,59	15253	8607,56	6645,77	77,2	14671,98
	2,5	0,53	13693	8906,16	4787,17	53,8	16910,44
	3,0	0,49	12740	9209,22	3530,78	38,3	18794,33
N ₂₀	0,5	0,50	12913	9068,67	3844,66	42,4	18259,07
	1,0	0,60	15513	9397,80	6115,53	65,1	15750,51
	1,5	0,62	16207	9712,94	6493,72	66,9	15582,26
	2,0	0,63	16467	10024,90	6441,76	64,3	15828,80
	2,5	0,76	19847	10359,76	9486,91	91,6	13571,74
	3,0	0,77	20020	10671,09	9348,91	87,6	13858,55
N ₄₀	0,5	0,51	13260	10404,12	2855,88	27,4	20400,23
	1,0	0,66	17073	10742,15	6331,18	58,9	16358,61
	1,5	0,71	18373	11061,74	7311,59	66,1	15653,41
	2,0	0,74	19327	11378,79	7947,87	69,8	15307,79
	2,5	0,81	20973	11700,93	9272,40	79,2	14505,28
	3,0	0,78	20367	12006,53	8360,14	69,6	15327,48
N ₆₀	0,5	0,69	17940	11771,36	6168,64	52,4	17059,94
	1,0	0,74	19153	12090,32	7063,02	58,4	16412,19
	1,5	0,79	20540	12410,54	8129,46	65,5	15709,55
	2,0	0,84	21840	12730,14	9109,86	71,6	15154,92
	2,5	0,88	22880	13047,82	9832,18	75,4	14827,07
	3,0	0,78	20193	13338,16	6855,18	51,4	17173,59
N ₈₀	0,5	0,71	18460	13108,08	5351,92	40,8	18462,08
	1,0	0,81	21060	13437,21	7622,79	56,7	16589,15
	1,5	0,84	21840	13752,98	8087,02	58,8	16372,60
	2,0	0,85	22100	14064,94	8035,06	57,1	16546,99
	2,5	0,88	22967	14381,36	8585,31	59,7	16280,78
	3,0	0,76	19760	14667,88	5092,12	34,7	19299,84
Средние по фактору А	N ₀	0,50	12957	8435,68	4520,99	53,5	17069,15
	N ₂₀	0,65	16828	9872,53	6955,25	69,6	15475,16
	N ₄₀	0,70	18229	11215,71	7013,18	61,9	16258,80
	N ₆₀	0,79	20424	12564,72	7859,72	62,4	16056,21
	N ₈₀	0,81	21031	13902,07	7129,04	51,3	17258,57
Средние по фактору В	0,5	0,56	14629	10399,06	4230,28	40,3	18595,14
	1,0	0,65	16952	10726,15	6225,85	57,9	16484,39
	1,5	0,70	18096	11044,60	7051,40	64,1	15850,02
	2,0	0,73	18997	11361,27	7636,07	68,0	15502,10
	2,5	0,77	20072	11679,21	8392,79	71,9	15219,06
	3,0	0,72	18616	11978,57	6637,43	56,3	16890,76

В среднем за три года исследований в варианте с внесением азота в дозе N_{20} при норме высева 2,5 млн шт./га уровень рентабельности был самым высоким – 91,6 %, а себестоимость семян самой низкой – 13571,74 руб./т.

Аналогичная картина была характерна и для 2017 и 2019 гг. наиболее эффективным был вариант при внесении азотных удобрений в дозе N_{20} при норме высева 2,5 млн шт./га, уровень рентабельности составил 236,4 и 85,6 % соответственно (приложения 49 и 51). Экономические показатели 2018 года отличались низким уровнем эффективности вследствие сложившихся неблагоприятных погодных условий, как отмечалось ранее.

Полученный убыток составил от -1914,84 руб./га при высева нормой 0,5 млн шт./га без применения удобрений, до -7321,98 руб./га при высева этой же нормой на фоне внесения N_{80} . (приложение 50).

На основании анализа показателей экономической эффективности, можно сделать вывод о том, что выращивание всех видов горчицы в условиях степного Крыма без орошения с соблюдением агротехнических приемов экономически целесообразно. Наиболее рентабельно выращивание горчицы сарептской в среднем за три года этот показатель составил 130,7 %.

Горчицу белую экономически целесообразно высевать нормой 2,0 млн шт./га с внесением азота под предпосевную культивацию в дозе N_{20} , в этих вариантах рентабельность была самой высокой 55,3 и 53,0 %, соответственно.

Наиболее эффективно высевать горчицу сарептскую нормой 2,5 млн шт./га с внесением азота в дозе N_{20} , именно в этом варианте в среднем рентабельность была максимальной 236,4 %, а себестоимость самой низкой 7729,82 руб./т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В почвенно-климатических условиях Центральной степи Крыма наиболее продуктивна горчица сарептская, урожайность которой в среднем за 2017-2019 гг. составила 0,77 т/га, превысив по данному показателю горчицу белую на 0,22 т/га или 28 % и горчицу черную на 0,32 т/га или 41 %.

2. Содержание жирного и эфирного масел в семенах горчицы являются стабильными показателями, коэффициенты варьирования в зависимости от метеоусловий менее 10 %. Самая высокая масличность отмечена у горчицы сарептской 46,9 %, максимальное содержание эфирного масла – у горчицы черной 0,95 %. Наибольший сбор жирного масла обеспечивает горчица сарептская, в среднем за годы исследований он составил 311 кг/га, превысив горчицу черную на 159 кг/га и горчицу белую на 168 кг/га. Выход эфирного масла у горчицы сарептской и горчицы черной находится на одном уровне 3,9 и 3,7 кг/га соответственно, что на 3,2 и 3,0 кг/га больше в сравнении с горчицей белой.

3. Скороспелыми видами в условиях степного Крыма являются горчица черная (72–93 дня) и горчица белая (76–99 дней). Вегетационный период у горчицы сарептской составляет 84–104 дня. Имея самый короткий период вегетации, за счет более позднего появления всходов, горчица черная созревает одновременно с горчицей белой. Горчица сарептская готова к уборке на 10—13 дней позже от двух других видов.

4. Существенного влияния нормы высева и дозы вносимого азота на полевою всхожесть и сохранность растений горчицы белой и горчицы сарептской не установлено. Данные показатели зависели от погодных условий. Высокая корреляционная связь отмечена между всхожестью семян горчицы белой со среднесуточной температурой воздуха ($r = 0,80$) и влажностью почвы в слое 0-10 см ($r = 0,72$) в период «посев – всходы». Сохранность растений горчицы сарептской тесно коррелировала с ГТК периода «всходы-цветение» ($r = 0,72$).

5. Установлено, что урожайность семян горчицы белой и горчицы сарептской зависит от дозы азота, нормы высева культуры и условий года. Внесение

аммиачной селитры под предпосевную культивацию повышает продуктивность посевов горчицы белой на 0,10-0,22 т/га (23,8-52,4 %), горчицы сарептской на 0,15 – 0,31 т/га (30,0 – 62,0 %). Наибольшую окупаемость килограмма вносимого азота удобрений прибавкой урожая семян обеспечивает доза N_{20} , по горчице белой в среднем она составила – 5 кг/кг, по горчице сарептской – 7,5 кг/кг. С увеличением дозы азота окупаемость постепенно снижается до 2,8 кг/кг и 3,9 кг соответственно.

Наиболее продуктивными являются посевы горчицы белой с нормой высева 2,0 млн шт./га, для горчицы сарептской – 2,5 млн шт./га, которые сформировали урожай на уровне 0,60 и 0,77 т/га соответственно.

Эффективность изучаемых элементов технологии находится в тесной зависимости со складывающимися метеорологическими условиями в период вегетации горчицы. Максимальные прибавки в урожае семян от применения азотных удобрений были получены в благоприятном для развития горчицы 2017 году, по горчице белой они составили 0,18-0,47 т/га, по горчице сарептской – 0,36-0,70 т/га. В засушливых условиях (2018 год) прибавка в урожае от применения азотных удобрений равна нулю, а урожайность при всех нормах высева находится на одном и довольно низком уровне.

6. Засоренность посевов горчицы зависит от нормы высева культуры и дозы азотного удобрения. С увеличением плотности стеблестоя горчица сильнее подавляет рост и развитие сорняков. Максимальное угнетающее действие она оказывает при нормах высева 2,5 и 3,0 млн шт./га. Сухая масса сорняков в этих вариантах была наименьшей, в посевах горчицы белой она составила 38,8 и 35,4 г/м², а в посевах горчицы сарептской – 57,3 и 44,3 г/м² соответственно. Внесение азотных удобрений способствует лучшему развитию как культурных, так и сорных растений. Статистически значимого увеличения сухой массы сорных растений не обеспечил азот в дозе N_{20} .

7. На накопление жирного и эфирного масел в семенах горчицы существенное влияние оказывают условия года. Корреляционный анализ показал сильную зависимость масличности семян горчицы сарептской от температуры воздуха ($r = -0,98$) и количества выпавших осадков ($r = 0,96$) в период «всходы-

цветение». Обратные закономерности выявлены по накоплению эфирного масла. Высокие температуры воздуха ($r = 0,77$) и дефицит осадков ($r = -0,85$) в период «всходы-цветение» способствовали большему содержанию эфирного масла в семенах горчицы сарептской. Показано, что с улучшением условий влагообеспеченности в период «всходы – начало образования зеленого стручка» содержание жирного масла в семенах горчицы белой увеличивается, а высокие температуры воздуха в фазу «образование зеленого стручка-созревание» положительно влияют на накопление эфирных масел. Сбор жирного и эфирного масел определяются уровнем урожайности культуры.

8. Выращивание всех видов горчицы в условиях степного Крыма экономически целесообразно, уровень рентабельности в среднем за три года находился в пределах 56,2 – 130,7 %. Наиболее прибыльным является возделывание горчицы сарептской, чистый доход составил 11291 руб./га, превысив доход от горчицы белой и горчицы черной на 3603 руб./га и 6472 руб./га соответственно.

9. Экономически эффективным является внесение азота под предпосевную культивацию в дозе N_{20} , уровень рентабельности был самым высоким, по горчице белой он составил 53 %, по горчице сарептской – 69,6 %, себестоимость семян – самой низкой 19638 и 15475 руб./т соответственно.

10. Наибольший чистый доход горчица белая обеспечивает при высеве нормой 2,0 млн. шт./га, в среднем за три года он составил 6353 руб./га при рентабельности 55,3 %. Горчица сарептская высокоэффективна при высеве нормой 2,5 млн. семян на гектар, чистый доход составил 8393 руб./га при рентабельности 71,9 %.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью получения наибольшего экономического эффекта выращивать в почвенно-климатических условиях степного Крыма следует наиболее адаптированную к ним и урожайную из видов горчицы – горчицу сарептскую.

В условиях степного Крыма горчицу белую следует высевать нормой 2,0 млн семян на гектар, горчицу сарептскую – 2,5 млн семян на гектар.

При выращивании горчицы белой и горчицы сарептской вносить под предпосевную культивацию азотные удобрения в дозе 20 кг/га действующего вещества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ рынка семян горчицы в России – демоверсия отчета BusinessStat [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://businessstat.ru/images/demo/mustard_russia_demo_businessstat.pdf.
2. Артемьев, А.А. Влияние технологий применения минеральных удобрений на засоренность полевого севооборота / А.А. Артемьев, А.М. Гурьянов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 6 (67). – С. 109-114.
3. Ахметзянов, А.А. Влияние фонов питания горчицы белой на физико-химические свойства черноземов и урожайность последующей культуры полевого севооборота в Республике Татарстан / А.А. Ахметзянов, А.З. Каримов, Ф.Н. Сафиоллин, С.Р. Сулейманов // Плодородие. – 2020. – № 3(114). – С. 32-34.
4. Бабичев, А.Н. Использование сидеральных культур для улучшения агрохимических свойств чернозема обыкновенного / А.Н. Бабичев, В.А. Монастырский // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: материалы международной научно-практической конференции (пос. Персиановский, 17 февраля 2016г.). – Персиановский: Донской ГАУ, 2016. – С. 11-15.
5. Баздырев, Г.И. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии / Г.И. Баздырев, Л.И. Зотов, В.Д. Полин. – М.: Изд-во МСХА, 2004. – 288 с.
6. Беляков, А.М. Повышение эффективности адаптивно-ландшафтного земледелия в условиях рынка / А.М. Беляков, В.И. Буянкин, О.Н. Гурова, П.А. Смутнев // Земледелие. – 2011. – N 1. - С. 6-9.
7. Беляков, А.М. Потенциал масличных культур семейства капустных / А.М. Беляков, В.И. Буянкин, О.Н. Гурова // Земледелие. – 2009. – N 5. – С. 11-13.
8. Берлянд, С.С. Растениеводство: Учебн. пособ. / С.С. Берлянд, Б.Д. Крючев. – М.: изд-во «Колос», 1967. – 655 с.
9. Биктагирова, А.И. Содержание биологически активных соединений в экстрактах горчицы сарептской / А.И. Биктагирова, А.Г. Макарова, Р.Ф. Яруллина,

Т.А. Ямашев, О.А. Решетник // Пища. Экология. Качество: труды XVII Международной науч.-практич. конф. (Новосибирск, 18–19 ноября 2020 года). – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2020. – С. 83-86.

10. Большая советская энциклопедия. / Под ред. Б.А. Введенского. – Т. 12. – 2-е изд. – М.: Гос. науч. изд-во «Большая советская энциклопедия», 1952. – С. 238-239.

11. Бородычев, В.В. Адаптивные технологии возделывания сопутствующих культур рисовых севооборотов Сарпинской низменности: монография / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, С.Б. Адьяев, Г.Н. Кониева, И.А. Ниджляева – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 224 с.

12. Бородычев, В.В. Эффективность минеральных удобрений при разных способах посева горчицы в рисовых чеках / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, В.В. Цыбулин // Плодородие. – 2014. – № 3 (78). – С. 36-38.

13. Важев В.И. Агроклиматическое районирование Крыма // Труды ГНБС. – Ялта, 1977. – Т.71. – С. 1-10.

14. Важев В.И. Районирование Крымской области // Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР. – М.: Колос, 1983. – С. 78-85.

15. Васильев, К.С. Биологические особенности роста и развития горчицы белой / К.С. Васильев, Т.В. Васильева // Информационные технологии как основа эффективного инновационного развития: Сборник статей Национальной (Всероссийской) науч.-практич. конф. с международным участием (Воронеж, 22 ноября 2022 года). – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2022. – С. 68-70.

16. Васильева, А.С. Возделывание козлятника восточного и горчицы белой на корм и семена в Вологодской области / А.С. Васильева, А.И. Шпилева, Т.В. Васильева // Передовые достижения науки в молочной отрасли: Сборник науч. трудов по результатам работы Всероссийской науч.-практич. конф., посвященной дню рождения Николая Васильевича Верещагина. – 2020. – С. 20-24.

17. Велкова, Н.И. Агрэкологический мониторинг почв и посевов горчицы белой / Н.И. Велкова, В.П. Наумкин // Агрэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XVIII международной науч. конф. (Брянск, 24–25 мая 2021 года). – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2021. – С. 47-53.
18. Велкова, Н.И. Влияние элементов технологии возделывания на продуктивность горчицы белой / Н.И. Велкова, В.П. Наумкин // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 4. – С. 55-58.
19. Велкова, Н.И. Использование горчицы белой и продуктов ее переработки в питании, медицине и косметике / Н.И. Велкова, В.П. Наумкин. – Орел: ФГБОУ ВПО «ОрелГАУ», 2014. – 154 с.
20. Велкова, Н.И. Комплексное использование горчицы белой в народном хозяйстве / Н.И. Велкова, В.П. Наумкин. – Орел: Издательство Картуш, 2021. – 312 с.
21. Велкова, Н.И. Факторы влияющие на урожайность горчицы белой / Н.И. Велкова, В.П. Наумкин // Вестник научных конференций. – 2016. – № 11-5 (15). – С. 48-50.
22. Велкова, Н.И. Химическое загрязнение тяжелыми металлами почвы, растений и семян горчицы белой / Н.И. Велкова // Направления развития растениеводства Центрально-Черноземного региона России. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2021. – С. 125-133.
23. Власова, Т.С. Влияние нормы высева на засоренность посевов донника желтого / Т.С. Власова, Л.П. Байкалова // Материалы XII Международной научно-практической конференции молодых ученых: Инновационные тенденции развития российской науки (Красноярск, 08-09 апреля 2019 г.). – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2019. – С. 19-24.
24. Воловик, В.Т. Горчица белая — значение, использование / В.Т. Воловик // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 2. – С. 41-67.
25. Воловик, В.Т. Новые сорта горчицы белой и редьки масличной селекции института кормов / В.Т. Воловик // Новые и нетрадиционные растения и

перспективы их использования: материалы IX международного симпозиума (Пушино, 14-18 июня 2011г.). – М.: РУДН, 2011. – С. 21–24.

26. Воловик, В.Т. Сравнение жирно-кислотного состава различных пищевых масел / В.Т. Воловик, Т.В. Леонидова, Л.М. Коровина, Н.А. Блохина, Н.П. Касарина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований: Издательский дом «Академия Естествознания». – Пенза, 2019. – №5. – С. 147-152.

27. Воронин, Б.Н. Эффективное применение удобрений под горчицу в условиях лесостепной зоны Омской области / Б.Н. Воронин. – Краснодар, 1971. – 126 с.

28. Гладкая, А.С. Влияние нормы высева на продуктивность горчицы сарептской в условиях Центральной зоны Краснодарского края / А.С. Гладкая, Н.Н. Кравцова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год. В 3-х частях (Краснодар, 01 марта 2022 года). / Отв. за выпуск А.Г. Кощаев. Том Часть 1. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 41-44.

29. Гладких, М.С. Совершенствование технологии возделывания голозерного овса в условиях южной лесостепи Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Гладких Марина Сергеевна. – Уфа, 2018. – 124 с.

30. Говоров, С.А. Крестоцветные культуры: роль в агроценозах, технология выращивания и хозяйственное использование / С.А. Говоров – Нальчик: Полиграфсервис, 2005. - 83 с.

31. Гончарова, Е.Н. Выращивание горчицы белой с использованием фитостимулятора из зоокомпоста / Е.Н. Гончарова, М.И. Василенко, О.И. Кузнецова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 4 (28). – С. 137-144.

32. Горбаченко, Ф.И. Селекция масличных культур на Дону в связи с изменением погодно-климатических условий / Ф.И. Горбаченко, О.Ф. Горбаченко,

Е.В. Картамышева, Т.Н. Лучкина // Зерновое хозяйство России. – 2011. – N 5. – С. 41-44.

33. Гордиенко В.П., Пичугин А.М., Семенцов А.В. Влияние различных систем удобрения и обработки почвы в севообороте на урожайность озимой пшеницы по горчице / В.П. Гордиенко, А.М. Пичугин, А.В. Семенцов // Наукові праці південного філіалу національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет», Сільськогосподарські науки. – Сімферополь, 2011. – № 137. – С. 47 – 55.

34. Горлов, С.Л. Сорт горчицы белой Руслана / С.Л. Горлов, В.С. Трубина, Е.Ю. Шипиевская, О.А. Сердюк // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – Краснодар: ВНИИМК, 2016. – № 1 (165). – С. 131–132.

35. Горлов, С.Л. Сорт горчицы сарептской Ника / С.Л. Горлов, В.С. Трубина // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2015. – № 1 (161). – С. 135-136.

36. Горлов, С.Л. Сорт горчицы черной Ниагара / С.Л. Горлов, В.С. Трубина // Масличные культуры: Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – Краснодар: ВНИИМК, 2015. – № 3 (163). – С. 102–103.

37. Горлова, Л.А. Новый сорт горчицы сарептской с повышенным содержанием эфирного масла – Горлинка / Л.А. Горлова, В.С. Трубина, Е.Ю. Шипиевская, О.А. Сердюк, С.Г. Ефименко, Ю.Ю. Поморова // Масличные культуры: Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – Краснодар: ВНИИМК, 2018. – № 3 (175). – С. 165-166.

38. Горлова, Л.А. Селекция горчицы сарептской (*Brassica juncea*) на повышенное содержание аллилгорчичного масла / Л.А. Горлова, В.С. Трубина, О.А. Сердюк, Е.Ю. Шипиевская // Труды Кубанского ГАУ. – 2018. – № 72. – С. 114-118.

39. Горчица белая [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Горчица белая](https://ru.wikipedia.org/wiki/Горчица_белая).

40. Горчица сарептская [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Горчица сарептская](https://ru.wikipedia.org/wiki/Горчица_сарептская).

41. Горчица черная - Brassica nigra (L.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://greendeer.ru/products/sideraty-i-medonosy-semena-sideralnykh-i-medonosnykh-kultur/gorchitsa-chnernaya-brassica-nigra.html>.

42. Горчица черная / Энциклопедия растений / Асиенда. Ру. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.asienda.ru/plants/gorchica/gorchica-chnernaya/>.

43. Горчица чёрная [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Горчица черная](https://ru.wikipedia.org/wiki/Горчица_черная).

44. Горчица черная. Описание, свойства, применение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.budzdorow.net/%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%87%D0%B8%D1%86%D0%B0-%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F-gorchica-chnernaya/>.

45. ГОСТ Р 51483-99 Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров индивидуальных жирных кислот к их сумме – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – С. 151 – 159.

46. ГОСТ Р 51486-99 Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – С. 170 – 179.

47. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. — 719 с. [Электронный ресурс] URL: <https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2021/04/Итоговый-реестр-2021.pdf>.

48. Григорьева, А.А. Горчица как консервант / А.А. Григорьева // Материалы конференции: Успехи современного естествознания. – ООО "Издательский Дом Академия Естествознания", 2011. – № 8. – С. 214а.

49. Грингоф, И.Г. Агрометеорология / И.Г. Грингоф, В.В. Попова, В.Н. Страшный. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1987. – С. 185.
50. Гуревич С. М. Действие минеральных удобрений на мощном черноземе / С. М. Гуревич. – Госсельхозиздат, 1962. – 256 с.
51. Гусев, В.П. Почвы Крымской государственной комплексной сельскохозяйственной опытной станции и прилегающих районов / В.П Гусев, В.Т. Колесниченко // Труды Крымской государственной комплексной сельскохозяйственной опытной станции. – Симферополь: Крымиздат, 1955. – Т. I. – С. 21-47.
52. Гущина, В.А. Засоренность сортов горчицы сарептской в зависимости от нормы высева / В.А. Гущина, Ю.А. Прохорова // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: Сборник статей XVII Международной науч.-практич. конф. (Пенза, 24–25 октября 2022 года). – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 95-99.
53. Дедова, Э.Б. Технология возделывания горчицы сарептской в рисовых севооборотах Калмыкии / Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева // Биологические основы устойчивого развития Волго-Каспийского природного комплекса. – Москва: ПНИИАЗ, 2006. – Ч. 1. – С. 252-255.
54. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А.Доспехов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Альянс, 2014. – 351 с.
55. Дубенок, Н.Н. Урожайность и оценка агроприемов возделывания горчицы сарептской в рисовых чеках / Н.Н. Дубенок, В.В. Бородычев, С.Б. Адьяев, Е.А. Стрижакова, А.В. Левина // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – N 11. – С. 38-41.
56. Дукаревич, Б.И. Краткая агроклиматическая характеристика района расположения станции / Б.И. Дукаревич // Труды Крымской Государственной комплексной сельскохозяйственной станции. – Симферополь: Крымиздат, 1955. – Т. 1. – С. 49-55.

57. Елфимова, Ю.С. Возделывание *Sinapis alba* - горчицы белой / Ю.С. Елфимова // Аграрный вестник Урала. – 2008. – № 4 (46). – С. 67–68.
58. Еськов, С.В. Сравнительная оценка продуктивности посевов масличных культур в Крыму / С.В. Еськов, О.В. Еськова // Научные труды южного филиала национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия: сельскохозяйственные науки. – 2013. – №157. – С. 21–27.
59. Женченко, К.Г. Горчица в пятипольных зернопаропропашных севооборотах / К.Г. Женченко, Е.Н. Турин // Известия сельскохозяйственной Тавриды. – Симферополь, 2018. – №15 (178). – С. 74-82.
60. Жирных С.С. Влияние нормы высева и срока посева на семенную продуктивность горчицы белой и жёлтой // С.С. Жирных // Известия Оренбургского ГАУ. – 2019. – № 5 (79). – С. 118-121.
61. Жирных С.С. Продуктивность горчицы белой и сарептской в зависимости от срока посева и нормы высева / С.С. Жирных // Известия ТСХА. – 2020. – № 4. – С. 145-154.
62. Жирных, С.С. Семенная продуктивность горчицы белой и сарептской в Удмуртской Республике / С.С. Жирных // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 12 (177). – С. 17-24.
63. Жуйков, А.Г. Влияние орошения на количественно-качественные показатели урожая семян горчицы разных видов / А.Г. Жуйков // Вестник Курганской ГСХА. – 2014. - № 3 (11). – С. 27-29.
64. Жуйков, А.Г. Фитосанитарные и фитомелиоративные свойства горчицы как фактор стабилизации экологического состояния агроценозов Южной Степи Украины / А.Г. Жуйков // Биогеосистемная техника. – 2016. – № 2 (8). – С. 175-191.
65. Журавель, В. Горчица черная – эмблема печали, горчица белая – эмблема любви... / В. Журавель, А. Будилка // Зерно. – 2013. – № 4. – С. 85-91.
66. Занозина, О.Д. Влияние сульфата аммония на урожайность сортов горчицы сарептской / О.Д. Занозина, А.С. Бушнев, В.С. Трубина // Актуальные

вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: Сб. материалов 11-й Всероссийской конференции молодых учёных и специалистов (Краснодар, 25-26 февраля 2021 года). – Краснодар: Федеральный научный центр "Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта", 2021. – С. 172-174.

67. Занозина, О.Д. Продуктивность горчицы сарептской в зависимости от нормы высева семян / О.Д. Занозина, А.С. Бушнев, В.С. Трубина // Селекция, семеноводство, технология возделывания и переработка сельскохозяйственных культур: Материалы международной науч.-практич. конф. (Краснодар, 26–27 августа 2021 года). – Краснодар: Издательство "ЭДВИ", 2021. – С. 280-283.

68. Зотова, Е.Ю. Эффективность действия минеральных удобрений на урожайность и качество семян горчицы белой и рапса ярового / Е.Ю. Зотова // Современные тенденции в научном обеспечении АПК Верхневолжского региона: Коллективная монография. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Верхневолжский аграрный научный центр» (Суздаль, 2018). – 2018. – т. 2. – С. 223–231.

69. Иваницкая, Ю. Горчичные реалии и перспективы / Ю. Иваницкая // Зерно. – 2013. – № 4. – С. 92-95.

70. Иванцова, Е.А. Особенности технологии возделывания горчицы сарептской в Волгоградской области / Е. А. Иванцова // Зерновое хозяйство. — 2004. – № 7. – С. 26-27.

71. Иконникова, Т.Ю. Использование горчицы сарептской для расширения растительного биоразнообразия / Т.Ю. Иконникова, Д.С. Шерстнев, К.В. Карташова // Экологизация сельскохозяйственного производства: Материалы Всероссийской (Национальной) науч.-практич. конф. студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов (Орел, 18 ноября 2021 года). – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2021. – С. 74-78.

72. Ионова, Е.В. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) /

Е.В. Ионова, В.А. Лиховидова, И.А. Лобунская // *Зерновое хозяйство России*. – 2019. – № 6 (66). – С. 18–22.

73. Исаев Г. Вырастим высокий урожай горчицы / Г. Исаев. – Пенза, 1953. – 33 с.

74. Кабунина, И.В. Оценка эффективности возделывания горчицы белой на маслосемена в условиях среднего Поволжья / И.В. Кабунина, Т.Я. Прахова // *Международный сельскохозяйственный журнал*. – 2022. – №. 2 (386). – С. 157-160.

75. Кандроков, З.Ж. Продуктивность и качество семян горчицы сарептской в зависимости от способов посева и минерального питания / З.Ж. Кандроков // *Современные наукоемкие технологии*. – 2009. – №6. – С. 24-26.

76. Картамышев, В.Г. Сорные растения в агрофитоценозах Ростовской области и меры снижения их вредоносности / В.Г. Картамышев, Л.П. Ильина, Г.В. Бокий // *Земледелие*. – 2006. – № 3. – С. 36-37.

77. Картамышева, Е.В. Потенциал сортов горчицы сарептской донской селекции / Е.В. Картамышева, Т.Н. Лучкина, З.А. Луцик, В.П. Краснов // *Научное обеспечение производства сельскохозяйственных культур в современных условиях: Международная научно-практическая конференция (Краснодар, 9 сентября 2016г.)*. – С.97-101.

78. Картамышева, Е.В. Проблемы и перспективы возделывания горчицы сарептской / Е.В. Картамышева // *Земледелие*. – 2006. - № 4. – С. 25-26.

79. Картамышева, Е.В. Продовольственная безопасность производства масличных культур / Е.В. Картамышева, О.Ф. Горбаченко, Т.Н. Лучкина, В.Е. Кондаурова // *Таврический вестник аграрной науки*. – 2017. – №4(12). – С. 63-70.

80. Картамышева, Е.В. Сорт горчицы белой Фея / Е.В. Картамышева, Ф.И. Горбаченко, В.Е. Кондаурова, Т.Н. Лучкина, А.В. Реутина // *Масличные культуры: Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. – Краснодар: ВНИИМК, 2017. – № 2 (170). – С. 119-122.

81. Картамышева, Е.В. Экологическая пластичность и стабильность сортов горчицы сарептской селекции ВНИИМК в условиях недостаточного увлажнения Ростовской области / Е.В. Картамышева, Т.Н. Лучкина, Л.П. Збраилова // Научный журнал КубГАУ. – 2019. – №154(10). – С. 278-288.

82. Кеферов, К.Н. Биологические основы растениеводства/ К.Н. Кеферов. – М.: Изд-во Высшая школа, 1975. – 425 с.

83. Киселева, Д.Ю. Горчица сарептская. Ее происхождение, морфобиологические особенности, возделывание и применение / Д.Ю. Киселева // Биоразнообразии и рациональное использование природных ресурсов: Материалы докладов IX Всероссийской науч.-практич. конф., с международным участием (Махачкала, 21 мая 2021 года). – Махачкала: Дагестанский государственный педагогический университет, 2021. – С. 209-212.

84. Кожаев, В.А. Влияние засоренности на продуктивность посевов в горной зоне Северной Осетии / В.А. Кожаев // Материалы региональной научно-практической конференции: Достижения науки - сельскому хозяйству (Владикавказ, 19-20 декабря 2016 г.). – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2016. – С. 40-43.

85. Кожаев, В.А. Учет засоренности посевов в предгорной зоне Северной Осетии и борьба с сорняками / В.А. Кожаев, Э.Д. Адиньяев // Вестник научных трудов молодых учёных, аспирантов и магистрантов ФГБОУ ВО "Горский государственный аграрный университет". – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2016. – С. 22-25.

86. Колушпаева, А.Т. Очистка почв от ртути индийской горчицей / А.Т. Колушпаева, А.Д. Акбасова // Bulletin d'EUROTALENT-FIDJIP. – 2015. – № 5. – С. 53-55.

87. Кониева, Г.Н. Влияние метеорологических условий на рост, развитие и урожайность семян горчицы сарептской в рисовых севооборотах Калмыкии / Г.Н. Кониева // Научно-методическое обеспечение развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса: Сборник научных трудов. – Москва:

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2020. – С. 110-116.

88. Коновалов, Н.Г. Горчица сарептская на полях Поволжья / Н.Г. Коновалов, А.С. Кушнир. // Масличные культуры. – 1986. - № 5. – С. 24-25.

89. Корнилов, И.И. Влияние агроэкологических условий засушливого Поволжья на накопление жирного масла в семенах горчицы сарептской / И.И. Корнилов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2007. – № 1. – С. 12-14.

90. Космодемьянский, М.П. Сарептская горчица / М.П. Космодемьянский, Е.Н. Кулина. – Волгоград: Нижне-Волж. кн. изд-во, 1967. – 53 с.

91. Кочергина, А.С. Влияние биологически активных веществ и норм высева на урожайность сортов горчицы сизой на светло-каштановых почвах Волгоградской области: дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Кочергина Анна Сергеевна. – Волгоград, 2020. – 178 с.

92. Кривошлыков, К.М. Анализ формирования сырьевого сектора масложирового подкомплекса АПК России в современных условиях / К.М. Кривошлыков // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2014. – № 1 (157–158). – С. 144-152.

93. Кубраков В.Г. Влияние сроков посева и способов обработки почвы на урожайность и качество семян горчицы сарептской на светло каштановых почвах Волгоградской области: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Кубраков Владимир Георгиевич. – Волгоград, 1994. – 167 с.

94. Кубраков, В.Г. Агрономическая значимость культуры горчица / В.Г. Кубраков // Степные просторы. – 2001. – спец. вып. – С. 16-17.

95. Кудинов Н. Горчица – источник высоких доходов / Н. Кудинов // Зерновые и масличные культуры. – 1996. – №11. – 44 с.

96. Кузнецова, Г.Н. Новый сорт горчицы белой Бэлла для условий Сибири / Г.Н. Кузнецова, Р.С. Полякова, И.А. Лошкомойников, Л.А. Горлова, В.С. Трубина // Масличные культуры. – 2019. – № 3 (179). – С. 171-173.

97. Кулина, Е.Н. Горчицу нужно сеять широкорядно / Е.Н. Кулина // *Зерновые и масличные культуры*. – 1971. – №2. – С. 27-29.
98. Кулина, Е.Н. Передовая технология возделывания горчицы / Е.Н. Кулина, А.С. Кушнир // *Зерновое хозяйство*. – 1979. – №2. – С. 43-45.
99. Кушнир, А.С. Особенности технологии возделывания горчицы сизой на семена / А.С. Кушнир, А.А. Шатрыкин // *Научно-агрономический журнал*. – 2013. – № 1 (92). – С. 27-29.
100. Кушнир, А.С. Резервы увеличения масличной продукции в Волгоградской области / А.С. Кушнир // *Научно-агрономический журнал*. – 2011. – N 1 (88). – С. 39-40.
101. Литтл, Т.М. Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ / Т.М. Литтл, Ф. Дж. Хиллз; под ред. Д.В. Васильевой. – М.: Колос, 1981. – 320 с.
102. Лукомец, В.М. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, В.Ф. Баранов и др. / под общ. ред. В.М. Лукомца. – 2-е изд. переаб. и доп. – Краснодар, 2010. – 327 с.
103. Лукомец, В.М. Научное обеспечение производства масличных культур в России / В.М. Лукомец. – Краснодар: ВНИИМК, 2006. – 100 с.
104. Лукомец, В.М. Перспективы и резервы расширения производства масличных культур в Российской Федерации / В.М. Лукомец, С.В. Зеленцов, К.М. Кривошлыков // *Масличные культуры: Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. – Краснодар: ВНИИМК, 2015. – № 4 (164). – С. 81–102.
105. Лукомец, В.М. Продуктивность звеньев зернопропашного севооборота со льном и горчицей / В.М. Лукомец, А.С. Бушнев, Ю.В. Мамырко // *Масличные культуры: Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. – Краснодар: ВНИИМК, 2008. – № 1 (138). – С. 87-90.
106. Лупова, Е.И. Влияние различных уровней минерального питания на урожайность масличных культур / Е.И. Лупова, К.В. Наумцева, Д.В. Виноградов //

Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – Т. 5. – № 4. – С. 23-29.

107. Лутиков, И. Е. Масличные культуры / И.Е. Лутиков, И.В. Жилин. – М.: Сельхозгиз, 1935. – 192 с.

108. Лысогоров, С.Д. Орошаемое земледелие / С.Д. Лысогоров. – изд. третье, перераб. – М.: Колос, 1971. – 375с.

109. Максимова, А.Я. Агротехника масличных культур / А.Я. Максимова, С.А. Геворкянц. – М.: «СЕЛЬХОЗГИЗ», 1944. – 209 с.

110. Маркетинговое исследование: Рынок семян горчицы за 2013-2017 год. – Белгород: ОГАУ "Инновационно-консультационный центр АПК", 2018. – 29 с.

111. Медведев, Г.А. Возделывание горчицы на каштановых почвах Волгоградской области по экологически безопасной технологии / Г.А. Медведев, В. Н. Плотников // Производство продукции растениеводства и охрана окружающей среды. – Волгоград, 1995. – С. 11 – 14.

112. Медведев, Г.А. Удобрения и урожайность семян горчицы / Г.А. Медведев, В.Н. Плотников // Инф. листок Волгоградского ЦНТИ. – Волгоград, 1994. – № 83-94.

113. Медведев, Г.А. Пути повышения семенной продуктивности масличных культур из семейства капустных / Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков, Е.С. Семенова, М.С. Животков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – №1 (21). – С. 48-52.

114. Медведев, Г.А. Горчица: Монография / Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков, Н.Г. Екатериничева. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2012. – 152 с.

115. Медведев, Г.А. Эффективность применения БАВ на посевах горчицы сизой / Г.А. Медведев, Н.В. Малышев // Аграрный вестник Урала. – 2008. – № 12 (54). – С. 49-50.

116. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Вып. 3. – М.: Колос, 1972. – 239 с.

117. Микич, А. Притча о зерне горчичном как пример неразделенной взаимосвязи между духовными и генетическими потенциалами зерновых посевов / А. Микич, А. Марьянович Йеромела, С. Терзич // Масличные культуры. – 2019. – № 1 (177). – С. 71-76.
118. Милютин М. Как получить высокие урожаи горчицы / М. Милютин. – Горький. – 1951. – 16 с.
119. Минкевич, И.А. Масличные культуры / И.А. Минкевич, В.М. Барковский. - М.: Сельхозгиз, 1955. -426 с.
120. Михальков Д.Е. Влияние сроков посева, норм высева и предпосевной обработки семян на урожайность сизой горчицы в зоне каштановых почв Волгоградской области: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Михальков Денис Евгеньевич. – Волгоград, 2002. – 231 с.
121. Михальков, Д.Е. Влияние сроков посева, предпосевной обработки семян и норм высева на пораженность вредителями и засоренность посевов горчицы сизой / Д.Е. Михальков // Научный вестник. Агронимия. – ВГСХА. – 2004. – С. 58-61.
122. Михальков, Д.Е. Влияние предпосевной обработки семян и норм высева на урожайность сортов горчицы сизой на светло-каштановых почвах Волгоградской области / Д.Е. Михальков, А.С. Кочергина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. - № 2 (124). – С. 16-20.
123. Монастырский, В.А. Возделывание горчицы сарептской в качестве сидерата / В.А. Монастырский, А.Н. Бабичев, В.И. Ольгаренко, Д.В. Сухарев // Плодородие. – 2019. – №5 (110). – С. 45-47.
124. Наумкин, В.П. Возделывание горчицы белой (*Sinapis alba* L.) в условиях ЦЧР / В.П. Наумкин, Н.И. Велкова. – Орел: ОрелГАУ, 2009. – 308 с.
125. Наумкин, В.П. Содержание поллютантов в различных частях растения горчицы белой / В.П. Наумкин, Н.И. Велкова // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 2(89). – С. 50-54.
126. Наумцева, К.В. Некорневые подкормки в агроценозах горчицы белой в условиях нечерноземной зоны России / К.В. Наумцева // Вестник Рязанского

государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2021. – Т. 13. – № 3. – С. 62-67.

127. Наумцева, К.В. Эффективность некорневой обработки при выращивании горчицы белой / К.В. Наумцева, Д.В. Виноградов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 19-27.

128. Научно обоснованная стратегия развития агропромышленного комплекса Крыма до 2020 г. / Под общ. ред. В.С. Паштецкого. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2016. – 136 с.

129. Несмеянова, М.А. Влияние межвидового агрофитоценоза на засоренность посевов культур севооборота / М.А. Несмеянова, А.В. Дедов // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (29). – С. 35-42.

130. Никитчин, Д.И. Выращивание ярового рапса и горчицы на юге Украины / Д. И. Никитчин, Ю. С. Каменев / Рекомендации по выращиванию, переработке и использованию в хозяйстве и быту. – Запорожье, 1991. – 32 с.

131. Николаев, Е.В. Растениеводство Крыма / Е.В. Николаев, А.М. Изотов, Б.А. Тарасенко. – Симферополь: Фактор, 2006. – 352 с.

132. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А. А. Ничипорович. – М.: АН СССР, 1956. – 94 с.

133. Нужная Н.А. Влияние севооборота на засоренность посевов / Н.А. Нужная // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса: коллективная монография / Под ред. В.В. Окоркова. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», 2019. – С. 85-86.

134. Нурманов, Е.Т. Продуктивность и качество семян сортов горчицы в зависимости от минерального питания и применения удобрений / Е.Т. Нурманов, Б.Н. Хамзина // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 2. – С. 63-66.

135. Обзор мирового рынка горчицы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.proagro.com.ua/periodical/basic/as167/3946.html>.

136. Осик, Н.С. Особенности химического состава семян и масла горчицы сарептской / Н.С. Осик, И.В. Шведов, Г.З. Шишков, П.А. Каленов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2000. – № 4 (257). – С. 20-23.

137. Первушин В. М. Яровой рапс на семена в Липецкой области / В.М. Первушин // Масличные культуры. – 1987 – № 3. – С. 23-24.

138. Перспективная ресурсосберегающая технология производства горчицы: метод. реком. / Лукомец В.М., Горлов С.Л., Тишков Н.М. и др. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 54 с.

139. Петров, Н.Ю. Влияние агротехнических приемов на засоренность посевов горчицы в подзоне светло-каштановых почв / Н.Ю. Петров, Е.В. Калмыкова, Н.А. Макеева // Сборник материалов Первой национальной научно-практической конференции: Современное научное знание в условиях системных изменений (Тара, 10-11 мая 2016 г.). – Тара: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Тарский филиал, 2016. – С. 40-42.

140. Плотников, В.Н. Влияние норм высева и удобрений на урожайность, нектарообразование и качество семян районированных сортов горчицы на каштановых почвах Волгоградской области: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / В.Н. Плотников. – Волгоград, 1995. – 166 с.

141. Половицкий, И.Я. Почвы Крыма и повышение их плодородия / И.Я. Половицкий, П.Г. Гусев – Симферополь: Таврия, 1987. – 151с.

142. Посевные площади сельскохозяйственных культур по Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gks.ru/storage/mediabank/posev_pl2.xls.

143. Постников, Д.А. Экологическое обоснование фитомелиорации и фиторемедиации при использовании горчицы белой и сафлора / Д.А. Постников, М.С. Норов // Кишоварз. – Таджикский аграрный университет имени Шириншоха Шотемура, 2011. – № 1. – С. 3-4.

144. Прахова, Т.Я. Урожайность горчицы белой в зависимости от нормы высева / Т.Я. Прахова, Н.Р. Таишев // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: Сборник статей X Международной науч.-практич. конф. (Пенза, 14–15 марта 2022 года). / Под науч. ред. А.А. Галиуллина, В.А. Кошеляева, О.А. Тимошкина. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 152-155.

145. Приходько, А.В. Влияние различных видов органических удобрений на показатели урожайности и качества зерна пшеницы озимой в условиях степного Крыма / А.В. Приходько, А.Н. Сусский, С.А. Моляр // Таврический вестник аграрной науки. – 2017. – № 4 (12). – С. 98–107.

146. Прохорова, Ю.А. Горчица сарептская: история и современный этап развития в АПК России / Ю.А. Прохорова, В.А. Гущина // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: Сборник статей IX Международной науч.-практич. конф., посвященной 70-летию Пензенского государственного аграрного университета (Пенза, 12–13 марта 2021 года). – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 141-145.

147. Радченко, Е.А. Учимся выращивать горчицу / Е.А. Радченко // Агроном. – 2009. – № 2. – С. 110-111.

148. Радченко, Л.А. Влияние севооборотов на засоренность посевов / Л.А. Радченко, К.Г. Женченко // Защита растений. – 2017. – № 12. – С. 30-32.

149. Разработать усовершенствованную технологию выращивания озимого рапса и горчицы в условиях Степной зоны с получение урожая на уровне 3,0 т/га и высококачественной продукции: отчет о НИР (заключ.): 11.03.069 / Крымский институт АПП НААН; рук. О.Л. Томашова; исполн.: С.В. Томашов [и др.]. – Клепинино, 2010. – 56 с. – Инв. № 0104U002472.

150. Растениеводство / Под ред. П.П. Вавилова. – 4-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1979. – 519 с.

151. Растениеводство с основами селекции и семеноводства: Учебн. пособ. / По ред. Г.В. Коренева. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1983. – 511 с.

152. Растениеводство: Учебн. пособ. / Н.В. Безлер, Д.И. Щеглов. – Воронеж, Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2011. – 51 с.
153. Рахметов, Д. Битва после жатвы: второй урожай / Д. Рахметов, И. Самойленко // Зерно. – 2012. – № 8 (77). – С. 74-80.
154. Рекомендации по возделыванию горчицы сизой (сарептской) в степных регионах России / ЗАО «Группа Сарепта». – Волгоград, 2002. – 21 с.
155. Рожкован, В.В. Горчица – перспективная культура многостороннего пользования / В.В. Рожкован, В.Н. Журавель // Агровісник Україна. – 2006. – № 10. – с. 46-49.
156. Руднев Г.В. Метеорология на службе урожая. (путеводитель по метеорологической информации для агронома) / Г.В. Руднев. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. – 159 с.
157. Руководство по селекции и семеноводству масличных культур / Под общ. ред. В.С. Пустовойта. – М.: «Колос», 1967. – 352 с.
158. Русакова, Г.Г. Технологический процесс выделения эфирного горчичного масла из продуктов переработки семян горчицы / Г.Г. Русакова, Д.В. Парахневич, Е.Д. Парахневич, Т.В. Киселева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – Волгоградский государственный аграрный университет, 2012. – № 4 (28). – С. 164-169.
159. Русакова, Г.Г. Химический состав семян горчицы и продуктов их переработки / Г.Г. Русакова, Е.Д. Парахневич, Д.В. Парахневич, М.М. Русакова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – Волгоградский государственный аграрный университет, 2014. – № 4 (36). – С. 168-171.
160. Русакова, Г.Г. Горчица / Г.Г. Русакова. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012. - 597 с.

161. Русакова, Г.Г. Семена горчицы и продукты их переработки - ценный корм для сельскохозяйственных животных и птицы / Г.Г. Русакова. - Волгоград: ИКЦ ООО "Фирма Л.Б.Ф.", 1998. — 92 с.
162. Русакова, М.М. Логистическая цепь производства семян сарептской горчицы / М.М. Русакова, Г.Г. Русакова, Е.Д. Парахневич, Д.В. Парахневич, Л.В. Мазина, Е.В. Губицкая, А. Ф. Цыбенко // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2019. – № 1 (26). – С. 49-56.
163. Сазанова, Л.В. Культура сарептской горчицы / Л.В. Сазанова. – М.: Сельхозиздат, 1955. – 83 с.
164. Сачивко, Т.В. Особенности хозяйственно полезных признаков различных видов горчицы / Т.В. Сачивко, В.Н. Босак, Я.Э. Пилюк // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 47-51.
165. Сельскохозяйственная энциклопедия. / Под ред. И.А. Бенедиктов, А.В. Гриценко, М.А. Ильин и др. – Т. 1. – 3-е изд., перераб. – М.: Гос. изд-во с.-х. литературы, 1949. – С. 489-490.
166. Синих, Ю.Н. Химический состав горчицы белой при разных сроках посева / Ю.Н. Синих, Х.Х. Хайрулин // Зерновое хозяйство России. – 2015. – №3. – С. 3–7.
167. Смирнова, Ю.В. Влияние свинца на содержание фотосинтетических пигментов в растениях горчицы белой, обработанных клетками *Bacillus subtilis* / Ю.В. Смирнова. З.М. Курамшина // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2019. – № 18. – С. 527-530.
168. Сорокина, И.Ю. Развитие растений горчицы сарептской в условиях Ростовской области / И.Ю. Сорокина // Современные научные исследования: сборник научных трудов по материалам XXII Международной науч.-практич. конф. (Анапа, 16 июля 2020 года). – Анапа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов» в Южном Федеральном округе, 2020. – С. 76-79.

169. Сорт: Ниагара (Горчица черная) / ФГБУ «Госсорткомиссия» - государственный реестр селекционных достижений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9052359/>.

170. Сорт: Ника (Горчица сарептская) / ФГБУ «Госсорткомиссия» - государственный реестр селекционных достижений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/8852994/>.

171. Сорт: Радуга (Горчица белая) / ФГБУ «Госсорткомиссия» - государственный реестр селекционных достижений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9906002/>.

172. Сулова, Г.В. Влияние способов, норм высева и предпосевной обработки семян на продуктивность горчицы в степной зоне Саратовского Правобережья: дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Сулова Галина Владимировна. – Саратов, 2006. – 186 с.

173. Таишев, Н.Р. Изучение нормы высева горчицы белой (*Sinapis alba*) в условиях Пензенской области / Н.Р. Таишев // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: Сборник статей IX Международной науч.-практич. конф., посвященной 70-летию Пензенского государственного аграрного университета (Пенза, 12–13 марта 2021 года). – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 177-180.

174. Тихомирова, И.Б. Корреляционные зависимости урожая семян горчицы от элементов агротехники / И.Б. Тихомирова // Актуальные проблемы агрономии современной России и пути их повышения : Материалы Международной науч.-практич. конф., посвященной 105-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии (Воронеж, 04-05 декабря 2018 года). – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, 2018. – С. 113-118.

175. Томашов, С.В. Оптимизация сроков сева и минерального питания горчицы белой в условиях Крыма / С.В. Томашов, О.Л. Томашова // Известия оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6 (56). – С. 38-40.

176. Томашова, О.Л. Горчица белая – культура раннего срока сева / О.Л. Томашова, С.В. Томашов // Информационный бюллетень КИАПП. – 2007. – № 1. – С. 12-14.

177. Томашова, О.Л. Продуктивность горчицы сарептской при разных сроках сева с использованием удобрений в технологии её возделывания / О.Л. Томашова, С.В. Томашов, И.М. Шевченко // Известия оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (66). – С. 92-95.

178. Трубина, В.С. Результаты экологического испытания перспективных сортообразцов горчицы сарептской в различных условиях Российской Федерации / В.С. Трубина, Л.А. Горлова, О.А. Сердюк, Е.Ю. Шипиевская, Е.В. Картамышева, О.М. Агафонов // Масличные культуры. – 2019. – № 1 (177). – С. 24-30.

179. Узаков, Г.О. Влияние минеральных удобрений на развитие горчицы [Электронный ресурс] / Г.О. Узаков, Д. Аллаева // Life Sciences and Agriculture. – 2021. – № 1 (5). – С. 73-75. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-mineralnyh-udobreniy-na-razvitie-gorchitsy>.

180. Урожайность сельскохозяйственных культур по Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gks.ru/storage/mediabank/uroj_1.xls.

181. Устойчивость земледелия: проблемы и пути решения / За ред. Сайка В.Ф. – К.: Урожай, - 1993. – 320 с.

182. Уханов, А.П. Перспективы использования биотоплива из горчицы / А.П. Уханов, В.А. Голубев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 1 (13). – С. 88-92.

183. Федосеев, А.П. Погода и эффективность удобрений / А.П. Федосеев. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 144 с.

184. Филипова, К.М. Удобрение горчицы на светло-каштановых почвах / К.М. Филипова // Сборник научных трудов Волгоградского СХИ. – 1982. – Т.9. – С.89-92.

185. Фомин, Д.С. Влияние вида пара и фона питания на засоренность посевов и продуктивность севооборотов / Д.С. Фомин, В.Р. Ямалтдинова, И.С. Тетерлев // Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 4 (16). – С. 55-60.
186. Харченко, Л.Н. Динамика накопления эфирного и жирного масла у сарептской горчицы: автореф. ... дис.канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Л.Н. Харченко. – Краснодар, 1963. – 20 с.
187. Хомякова, Т.В. Агроклиматическая оценка почвенных засух на европейской территории РФ (по наземным данным) / Т.В. Хомякова, Е.К. Зоидзе // Метеорология и гидрология. – 2002. – №9. – С. 75-85.
188. Храмов, А.В. Урожай семян горчицы белой при различных сроках сева в условиях центрального Нечерноземья / А.В. Храмов, В.Т. Воловик // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных культур: сборник мат-лов 7-й Международной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 100летию со дня основания ВНИИМК (Краснодар, 19–21 февраля 2013 г.) – Краснодар: ВНИИМК, 2013. – С. 244–246.
189. Цибулин, В.В. Технология возделывания горчицы сарептской в системе рисовых севооборотов: дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Цибулин Владимир Васильевич. – Волгоград, 2014. – 208 с.
190. Частная селекция полевых культур: учебник / Под ред. Ю.Б. Коновалова. – М.: ВО «АГРОПРОМИЗДАТ», 1990. – 544с.
191. Чернышов, А.В. Возделывание горчицы белой на семена / А.В. Чернышов // Аграрная наука. – 2012. – № 11. – С.19-20.
192. Шипиевская, Е.Ю. Горчица белая. История, применение. Сорты селекции ВНИИМК / Е.Ю. Шипиевская, О.А. Сердюк, В.С. Трубина, Л.А. Горлова // АгроСнабФорум. – 2018. – № 8 (164). – С. 66-68.
193. Шурупов, В.Г. Горчица сарептская / В.Г. Шурупов, Е.В. Картамышева. – Ростов-на-Дону, 1997. – 56 с.
194. Юрьев, А.В. Влияние биостимуляторов роста на продуктивность и качество маслосемян горчицы сарептской в подзоне светло-каштановых почв

Волгоградской области: дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.09. / Юрьев Александр Викторович. – Волгоград, 2004. – 228 с.

195. Ярош, Н.П. Изменчивость содержания изотиоцианатов в семенах горчицы сизой различного происхождения / Н.П. Ярош, А.И. Ермаков // Бюл. НТИ ВИР. – Ленинград, 1993 – С.32-36.

196. Абрамик, М. Приваблива гірчиця / М. Абрамик, С. Гуринович // The Ukrainian farmer. – 2012. – № 12. – С. 60-62.

197. Агрокліматичний довідник по Автономній Республіці Крим (1986-2005 рр.): Довідкове видання / за ред. О.І. Прудка та Т.І. Адаменко. – Сімферополь: ЦГМ в АРК, 2011. – 344 с.

198. Блащук, М.І. Вплив строків сівби та доз мінеральних добрив на продуктивність гірчиці білої / М.І. Блащук, Н.М. Тетерещенко // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. – Запоріжжя, 2014. – № 21. – С. 65-74.

199. Бугайов, В. Гірчиця біла – цінна кормова і сидеральна культура / В. Бугайов, Ю. Бехацький, С. Антонів // Пропозиція. – 1999. – № 1. – С. 30.

200. Вишнівський, П.С. Вплив рівня удобрення та позакореневого підживлення на формування продуктивності різних видів гірчиці / П.С. Вишнівський, В.С. Вишневський // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. – Запоріжжя, 2015. – № 22. – С. 99-109.

201. Женченко, К. Гірчиця сарептська має лідирувати в п'ятипільних зернопросапних сівозмінах / К. Женченко // Зерно і хліб. – 2013. – № 3. – С. 53-54.

202. Жернова, Н.П. Удосконалення прийомів технології вирощування гірчиці білої в умовах Південного Степу України: дис. ...канд. с.-г. наук: 06.01.09 / Жернова Наталія Петрівна. – Запоріжжя, 2010 – 141 с.

203. Жуйков, О.Г. Агробіологічне обґрунтування комплексу технологічних прийомів вирощування видів гірчиці в умовах Південного степу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.09 / Жуйков Олександр Геннадійович. – Херсон, 2015 – 43 с.

204. Кифорук, І. Варіант на весну гірчиця / І. Кифорук, О. Бойчук, В. Іванюк // *The Ukrainian farmer*. – 2012. – № 1. – С. 64-65.
205. Козіна, Т.В. Економічна ефективність вирощування гірчиці білої в умовах Лісостепу західного / Т.В. Козіна // *Агробіологія*. – 2014. – № 2 – С. 46-49.
206. Маслак, О. Дефіцитна гірчиця / О. Маслак. // *The Ukrainian farmer*. – 2012. – № 12. – С. 64-65.
207. Насінництво й насіннезнавство олійних культур / За ред. М.М. Гаврилюка. – Київ: «Аграрна наука», 2002. – 224 с.
208. Оксимець, О.Л. Продуктивність гірчиці білої залежно від технологічних прийомів вирощування в лісостепу: дис. ...канд. с.-г. наук: 06.01.09 / Оксимець Олександр Леонідович. – Київ, 2007 – 169 с.
209. Олійні культури в Україні: Навч. посіб. / За ред. В.Н. Салатенко. – 2-ге вид., переробл. і допов. – К.: Основа, 2008. – 420 с.
210. Поляков, О. Перспективи вирощування гірчиці / О. Поляков, В. Журавель // *Пропозиція*. – 2009. – № 2. – С. 54-56.
211. Примак І.Д. Енергозберігаючі технології вирощування кормових культур / І.Д. Примак, О.С. Кузьменко. – К.: Урожай, 1990. – 200 с.
212. Томашова, О.Л. Вирощування гірчиці білої на Півдні України / О.Л. Томашова // *Наукові праці південного філіалу національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет», Сільськогосподарські науки*. — Сімферополь, 2010. — № 130. – С. 46 – 50.
213. Томашова, О.Л. Урожайність гірчиці білої залежно від строків сівби та удобрення / О.Л. Томашова, С.В. Томашов // *Науково-технічний бюлетень ІОК*. – Запоріжжя. – 2007. – №12. – С. 240-244.
214. Філіп'єв І. Д. Як програмувати урожай / І. Д. Філіп'єв, Є. К. Міхеєв. – К.: Урожай, 1990. – 96 с.
215. Чехов, А.В. Технологічні аспекти вирощування гірчиці білої в умовах південного степу України / А.В. Чехов, Н.П. Жернова // *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН*. – 2009. – № 14. – С. 238-247.

216. Чэмелау В. Гарчыца / В. Чэмелау. – Мінск: АББ «Сельгассэктар», 1933. – 22 с.
217. Acharya, K. Can winter camelina, crambe, and brown mustard reduce soybean cyst nematode populations? / K. Acharya, G. Yan, M. Berti // *Industrial Crops and Products*. – 2019. – Vol. 140. – P. 111637.
218. Chhetri, P Control of *Globodera pallida* by combining *Sinapis alba* seed meal extract or 4-hydroxy benzyl alcohol with *Brassica juncea* seed meal extract or the trap crop *Solanum sisymbriifolium* / P. Chhetri // *University of Idaho Pro Quest Dissertations*, 2021. – 49 p.
219. Dhaliwal, S.S. Cadmium accumulation potential of brassica species grown in metal spiked loamy sand soil / S.S. Dhaliwal, P.K. Taneja, J. Singh, S.S. Bhatti, R. Singh // *Soil & Sediment Contamination*. – 2020. Vol. 29. – No. 6. – P. 638–649.
220. Du, J. Screening of Chinese mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars for the phytoremediation of Cd and Zn based on the plant physiological mechanisms / J. Du, Z. Guo, R. Li, A. Ali, D. Guo, A.H. Lahori, P. Wang, X. Liu, X. Wang, Z. Zhang // *Environmental Pollution*. – 2020. – Vol. 261. – P. 114213.
221. Gill, K.K. Simulating mustard crop phenology and productivity with InfoCrop-Mustard model under temperature increase scenarios / K.K. Gill, B. Kaur, S.S. Sandhu, P. Kaur // *Journal of Agrometeorology*. – 2016. – Vol. 18 (2). – P. 240–244.
222. Hossain, Z. Plant establishment, yield and yield components of Brassicaceae oilseeds as potential biofuel feedstock / Zakir Hossain, Eric N. Johnson, Li Wang, Robert E. Blackshaw, Herb Cutforth, Yantai Gan. // *Industrial Crops and Products*. – 2019. – V.141. – 111800.
223. Hossaina, Z. Comparative analysis of oil and protein content and seed yield of five Brassicaceae oilseeds on the Canadian prairie / Zakir Hossaina, Eric N. Johnson, Li Wangc, Robert E. Blackshawd, Yantai Gana // *Industrial Crops and Products*. – 2019. – V.136. – P. 77-86.
224. Islam, M.S. Correlation and path coefficient analysis in fat and fatty acids of rapeseed and mustard / M.S. Islam, L. Rahman, M.S. Alam // *Bangladesh J. agr. Res.*. – 2009. – Vol.34. – N 2. - P. 247-253.

225. Jadhav, N.C. Mustard oil thermosets using N-vinyl-2-pyrrolidone as crosslinking agent for scrap paper composites [Электронный ресурс] / N.C. Jadhav, R.D. Kale // Polymer Bulletin. – 2021. – Режим доступа: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00289-020-03519-3>.

226. Keerthi, P. Thermal requirements, heat use efficiency and plant responses of Indian mustard (*Brassica Juncea*) for different levels of nitrogen under different environments / P. Keerthi, R.K. Pannu, R. Singh, A.K. Dhaka // Journal of Agrometeorology. – 2016. – Vol. 18 (2). – P. 201–205.

227. Modlitbova, P. Detail investigation of toxicity, bioaccumulation, and translocation of Cd-based quantum dots and Cd salt in white mustard / P. Modlitbova, P. Porizka, S. Stritezska, S. Zezulka, M. Kummerova, K. Novotny, J. Kaiser // Chemosphere. – 2020. – Vol. 251.

228. Plociniczak, T. Response of rhizospheric and endophytic bacterial communities of white mustard (*Sinapis alba*) to bioaugmentation of soil with the *Pseudomonas* sp. H15 strain / T. Plociniczak, M. Pacwa-Plociniczak, M. Kwasniewski, K. Chwialkowska, Z. Piotrowska-Seget // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2020. – Vol. 194.

229. Popova, I.E. Optimization of hydrolysis conditions for release of biopesticides from glucosinolates in *Brassica juncea* and *Sinapis alba* seed meal extracts / Inna.E. Popova, Jeremiah.S. Dubie, Matthew.J. Morra // Industrial Crops and Products. – 2017. – V.97. – P. 354-359.

230. Priyanka. Performance of different Indian mustard (*Brassica juncea*) varieties with saline water and graded fertilizer doses under semi-arid conditions of Haryana / Priyanka, R. Prakash, R. Yadav, N. Kumar, A. Dhillon // Journal of Environmental Biology. – 2020. – Vol. 41 (6). – P. 1599–1604.

231. Sarandon, S. J. Respuesta de la colza – Conola (*Brassica napus* L. Sp. Olifera forma annua) a la fertilizacion cjn N a la siendra. Efecto sobre la acumulacion y partision de la materia seka, el rendimiento u sus componentes / S.J. Sarandon, A.M. Chamorro // Rev. Agron. Nac. La Plota. – 1996. 10 (1), – № 2.

232. Seepaul, R. Comparative response of *Brassica carinata* and *B-napus* vegetative growth, development and photosynthesis to nitrogen nutrition / R. Seepaul, S. George, D.L. Wright // *Industrial Crops and Products*. – 2016. – Vol. 94. – P. 872–883.
233. Singh, S. Role of organosolv pretreatment on enzymatic hydrolysis of mustard biomass for increased saccharification [Электронный ресурс] / S. Singh, R. Sinha, S. Kundu // *Biomass Conversion and Biorefinery*. – 2021. – Режим доступа: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13399-020-01251-6>.
234. Smolinska, U. Effect of rape and mustard seed meals on *Verticillium* wilt of pepper / U. Smolinska, B. Kowalska, W. Kowalczyk, M. Horbowicz // *Vegetable crops research bull.* – Skierniewice, 2010. – Vol. 73. - P. 119-132.
235. Vandicke, J. Uncovering the biofumigant capacity of allyl isothiocyanate from several Brassicaceae crops against *Fusarium* pathogens in maize / J. Vandicke, K. De Visschere, S. Deconinck, D. Leenknecht, P. Vermeir, K. Audenaert, G. Haesaert // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2020. – Vol. 100 (15). – P. 5476—5486.
236. Wang, X. Herbicidal activity of mustard seed meal (*Sinapis alba* ‘IdaGold’ and *Brassica juncea* ‘Pacific Gold’) on weed emergence / Xi Wang, Mengmeng Gu, Genhua Niu, Paul A. Baumann // *Industrial Crops and Products*. – 2015. – V.77. – P. 1004-1013.
237. Wu, Y. Emulsifying properties of water soluble yellow mustard mucilage: A comparative study with gum Arabic and citrus pectin / Y. Wu, N.A.M. Eskin, W. Cui, B. Pokharel // *Food Hydrocolloids*. – 2015. – V.47. – P. 191-196.
238. Wu, Y. Water-soluble yellow mustard mucilage: A novel ingredient with potent antioxidant properties / Y. Wu, D. Hui, N.A.M. Eskin, S.W. Cui // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2016. – V. 91. – P. 710–715.
239. Wu, Y. Water-soluble yellow mustard mucilage: A novel ingredient with potent antioxidant properties / Y. Wu, D. Hui, N.A.M. Eskin, S.W. Cui // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2016. – V. 91. – P. 710–715.

240. Yang, W. Effect of combined arsenic and lead exposure on their uptake and translocation in Indian mustard / W. Yang, L. Luo, B.C. Bostick, E. Wiita, Y. Cheng, Y. Shen // *Environmental pollution*. – 2021. –Vol. 274. – P. 116549.

241. Zielniok K., Szkoda K., Gajewska M., Wilczak J. Effect of biologically active substances present in water extracts of white mustard and coriander on antioxidant status and lipid peroxidation of mouse C2C12 skeletal muscle cells / K. Zielniok, K. Szkoda, M. Gajewska, J. Wilczak // *Journal of animal physiology and animal nutrition*. – 2016. – V. 100 (5). – P. 988–1002.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Средняя многолетняя и среднедекадная температура воздуха за годы исследований во время вегетации горчицы, °С

Месяцы	Декада	Средняя многолетняя	2017	2018	2019
Март	Первая	2,7	7,6	2,9	6,0
	Вторая	2,7	5,7	6,3	5,5
	Третья	5,5	7,7	4,8	5,8
Апрель	Первая	8,4	8,7	11,2	8,2
	Вторая	10,3	9,3	12,5	9,1
	Третья	11,4	9,9	15,8	12,4
Май	Первая	13,6	16,6	18,9	13,9
	Вторая	15,6	14,5	17,7	18,4
	Третья	17,0	15,9	20,5	20,7
Июнь	Первая	18,6	20,3	20,2	23,0
	Вторая	20,6	19,7	23,9	25,1
	Третья	21,0	24,2	24,1	23,5
Июль	Первая	23,1	22,6	23,5	23,3
	Вторая	23,1	23,1	24,0	21,1
	Третья	23,6	25,8	24,7	24,8

Приложение 2

Среднее многолетнее и среднедекадное распределение атмосферных осадков за годы исследований во время вегетации горчицы, мм

Месяцы	Декада	Среднее многолетнее	2017	2018	2019
Март	Первая	13	0,8	7,3	0,0
	Вторая	10	11,4	6,4	10,4
	Третья	11	9,9	9,1	1,5
Апрель	Первая	10	3,4	2,4	0,1
	Вторая	10	8,8	0,7	28,2
	Третья	12	27,7	0,0	0,0
Май	Первая	10	8,8	5,2	1,0
	Вторая	11	9,9	10,4	10,5
	Третья	14	4,9	0,0	11,1
Июнь	Первая	18	1,5	11,2	79,4
	Вторая	18	6,6	1,4	0,6
	Третья	26	12,4	33,7	38,0
Июль	Первая	17	9,7	35,2	12,6
	Вторая	12	1,0	60,3	18,6
	Третья	16	1,9	41,3	37,0

Приложение 3

Даты наступления фаз развития разных видов горчицы в условиях степного Крыма.

Год исследований	Фазы развития					
	Посев	Всходы	Цветение	Образование зеленого стручка	Созревание	Полное созревание
Горчица белая						
2017	10.03	24.03	12.05	02.06	15.06	30.06
2018	26.03	06.04	11.05	28.05	11.06	20.06
2019	19.03	01.04	14.05	04.06	27.06	08.07
Горчица сарептская						
2017	10.03	29.03	19.05	09.06	22.06	10.07
2018	26.03	10.04	18.05	04.06	20.06	02.07
2019	19.03	08.04	24.05	10.06	02.07	18.07
Горчица черная						
2017	10.03	29.03	12.05	02.06	15.06	30.06
2018	26.03	10.04	11.05	28.05	09.06	20.06
2019	19.03	08.04	14.05	04.06	27.06	08.07

Приложение 4

Результаты дисперсионного анализа влияния уровня азотного питания, нормы высева и условий года на полевую всхожесть семян горчицы белой

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F _{-05.}	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	10000,03	359				
Делянки 2 (AB*R)	2830,24	119				
Делянки 1 (A*R)	789,14	19				
R	509,86	3	169,953			
A	8,09	4	2,022	0,089	3,26	0,98401
Ошибка 1	271,19	12	22,599			
B	65,09	5	13,019	0,549	2,34	0,73868
AB	197,01	20	9,85	0,415	1,71	0,98518
Ошибка 2	1779,01	75	23,72			
C	1401,95	2	700,976	24,052	3,05	<0,00001
AC	26,59	8	3,324	0,114	1,99	0,99868
BC	107,28	10	10,728	0,368	1,88	0,95892
ABC	388,07	40	9,702	0,333	1,46	0,99995
Ошибка 3	5245,89	180	29,144			

Приложение 5

Коэффициенты корреляции и детерминации между всхожестью семян горчицы белой и агрометеорологическими условиями

Показатель	R	D	Sr	Tr ф.	Tr 05.
Среднесуточная температура воздуха, °С	0,80	0,64	0,06	12,45	1,99
Влажность почвы на момент посева (слой 0–10 см), мм	0,72	0,52	0,07	9,68	1,99
Продолжительность появления всходов, дней	-0,71	0,50	0,08	-9,46	1,99

Приложение 6

Результаты дисперсионного анализа влияния уровня азотного питания, нормы высева и условий года на сохранность растений горчицы белой

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	9847,01	359				
Делянки 2 (AB*R)	2313,17	119				
Делянки 1 (A*R)	426,09	19				
R	226,92	3	75,642			
A	57,26	4	14,316	1,211	3,26	0,35647
Ошибка 1	141,9	12	11,825			
B	14,95	5	2,989	0,135	2,34	0,98372
AB	213,32	20	10,666	0,482	1,71	0,9658
Ошибка 2	1658,8	75	22,117			
C	2828,79	2	1414,394	65,181	3,05	<0,00001
AC	164,15	8	20,519	0,946	1,99	0,48039
BC	149,4	10	14,94	0,689	1,88	0,73433
ABC	485,56	40	12,139	0,559	1,46	0,9841
Ошибка 3	3905,93	180	21,7			

Приложение 7

Результаты дисперсионного анализа количества стручков на одном растении горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	275772,5	359				
Делянки 2 (AB*R)	156242,6	119				
Делянки 1 (A*R)	6777,46	19				
R	355,1	3	118,368			
A	5595,03	4	1398,758	20,288	3,26	0,00003
Ошибка 1	827,33	12	68,944			
B	141538,4	5	28307,68	367,711	2,34	<0,00001
AB	2152,97	20	107,648	1,398	1,71	0,15044
Ошибка 2	5773,76	75	76,984			
C	83491,11	2	41745,55	552,272	3,05	<0,00001
AC	4474,35	8	559,294	7,399	1,99	<0,00001
BC	13336,35	10	1333,635	17,643	1,88	<0,00001
ABC	4622,09	40	115,552	1,529	1,46	0,03286
Ошибка 3	13605,98	180	75,589			

Приложение 8

Результаты дисперсионного анализа количества семян в стручке в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	146,97	359				
Делянки 2 (AB*R)	53,82	119				
Делянки 1 (A*R)	9,62	19				
R	1,76	3	0,586			
A	3,79	4	0,947	2,788	3,26	0,07542
Ошибка 1	4,08	12	0,34			
B	20,34	5	4,068	14,275	2,34	<0,00001
AB	2,49	20	0,124	0,436	1,71	0,98033
Ошибка 2	21,37	75	0,285			
C	27,67	2	13,833	51,194	3,05	<0,00001
AC	3,41	8	0,427	1,578	1,99	0,134
BC	2,73	10	0,273	1,011	1,88	0,43624
ABC	10,71	40	0,268	0,991	1,46	0,49396
Ошибка 3	48,64	180	0,27			

Приложение 9

Результаты дисперсионного анализа массы 1000 семян горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	28,648	359				
Делянки 2 (AB*R)	8,2655	119				
Делянки 1 (A*R)	2,2688	19				
R	0,6126	3	0,20419			
A	0,9315	4	0,23287	3,856	3,26	0,03071
Ошибка 1	0,7247	12	0,06039			
B	0,5086	5	0,10172	2,106	2,34	0,07389
AB	1,8659	20	0,09329	1,932	1,71	0,02182
Ошибка 2	3,6223	75	0,0483			
C	2,3631	2	1,18155	17,375	3,05	<0,00001
AC	2,1308	8	0,26635	3,917	1,99	0,00027
BC	1,1327	10	0,11327	1,666	1,88	0,0919
ABC	2,5155	40	0,06289	0,925	1,46	0,60267
Ошибка 3	12,2405	180	0,068			

Приложение 10

Результаты дисперсионного анализа зависимости урожайности горчицы белой от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	30,2799	359				
Делянки 2 (AB*R)	4,3172	119				
Делянки 1 (A*R)	2,8533	19				
R	0,349	3	0,11633			
A	2,3992	4	0,5998	68,498	3,26	<0,00001
Ошибка 1	0,1051	12	0,00876			
B	0,7724	5	0,15448	23,484	2,34	<0,00001
AB	0,1982	20	0,00991	1,507	1,71	0,10436
Ошибка 2	0,4933	75	0,00658			
C	21,3598	2	10,6799	1095,37	3,05	<0,00001
AC	1,8796	8	0,23495	24,097	1,99	<0,00001
BC	0,5699	10	0,05699	5,846	1,88	<0,00001
ABC	0,3983	40	0,00996	1,021	1,46	0,44537
Ошибка 3	1,755	180	0,00975			

Приложение 11

Результаты регрессионного анализа урожайности горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	P-знач.
Model	6,3014	3	2,10047	299,25	0,0000
Residual	0,603637	86	0,00701903		
Total (Corr.)	6,90503	89			

R-squared = 91,258 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 90,9531 percent

Приложение 12

Результаты регрессионного анализа урожайности горчицы белой в зависимости от нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-ф	P-знач
Model	5,6414	4	1,41035	94,87	0,0000
Residual	1,26363	85	0,0148663		
Total (Corr.)	6,90503	89			

R-squared = 81,6998 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 80,8386 percent

Приложение 13

Видовой и количественный состав сорняков в посевах горчицы белой, шт/м²

Вид сорняка	2017 г		2018		2019	
	фаза 3-4 листьев	перед уборкой	фаза 3-4 листьев	перед уборкой	фаза 3-4 листьев	перед уборкой
Многолетние корнеотпрысковые:						
Бодяк полевой (<i>Cirsium arvense</i> L.)	1	0,1				
Вьюнок полевой (<i>Convolvulus arvensis</i> L.)	3,8	1,4	2,1	1,5	4,1	3
Латук татарский, (<i>Lactuca tatarica</i> L.)	0,2	0,1	0,2			
Мололетние ранние яровые:						
Горец вьюнковый (<i>Fallopia convolvulus</i> L.)	1,9	3,6	14,4	22,3	1,8	3,5
Дымянка лекарственная (<i>Fumaria officinalis</i> L.)	0,6		0,03			
Марь белая (<i>Chenopodium album</i> L.)	76,5	141,4	5,6	10,2	15,2	33,7
Мололетние поздние яровые:						
Амброзия полыннолистная (<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.)	0,3	0,2				
Горец птичий, спорыш (<i>Polygonum aviculare</i> L.)				0,03		
Злаковые	0,1		0,5	0,5		0,3
Торица полевая (<i>Spergula arvensis</i> L.)		0,1				0,1
Щирица запрокинутая (<i>Amaranthus retroflexus</i> L.)	0,1		0,2	0,2		
Мололетние зимующие:						
Вероника плющелистная (<i>Veronica hederifolia</i> L.)	0,2					
Воробейник полевой (<i>Buglossoides arvensis</i> L.)	0,1		0,1			
Дескурайния Софьи (<i>Descurainia sophia</i> L.)	0,2					
Живокость полевая (<i>Delphinium consolida</i>)	0,03					
Латук дикий (<i>Lactuca serriola</i> L.)	0,03	0,6		0,1	0,3	
Мак самосейка (<i>Papaver rhoeas</i> L.)	0,3	0,1	0,03			0,2

Приложение 14

Результаты дисперсионного анализа количества сорняков в посевах горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года (1 - й учет)

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	574847,6	359				
Делянки 2 (AB*R)	89567,6	119				
Делянки 1 (A*R)	39205,82	19				
R	25741,29	3	8580,43			
A	3597,16	4	899,289	1,094	3,26	0,40321
Ошибка 1	9867,38	12	822,281			
B	792,93	5	158,587	0,327	2,34	0,89503
AB	13226,84	20	661,342	1,365	1,71	0,16783
Ошибка 2	36342	75	484,56			
C	318723,2	2	159361,6	234,698	3,05	<0,00001
AC	11494,58	8	1436,822	2,116	1,99	0,03643
BC	5661,87	10	566,187	0,834	1,88	0,59658
ABC	27179,02	40	679,476	1,001	1,46	0,47794
Ошибка 3	122221,3	180	679,007			

Приложение 15

Результаты дисперсионного анализа количества сорняков в посевах горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года (2 - й учет)

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	1899267	359				
Делянки 2 (AB*R)	351405,8	119				
Делянки 1 (A*R)	215970,3	19				
R	138314,4	3	46104,82			
A	15731,38	4	3932,844	0,762	3,26	0,56963
Ошибка 1	61924,44	12	5160,37			
B	2277,56	5	455,511	0,361	2,34	0,87346
AB	38571,56	20	1928,578	1,529	1,71	0,09647
Ошибка 2	94586,44	75	1261,153			
C	966326,5	2	483163,2	204,164	3,05	<0,00001
AC	70293,96	8	8786,744	3,713	1,99	0,00049
BC	12156,71	10	1215,671	0,514	1,88	0,87907
ABC	73105,51	40	1827,638	0,772	1,46	0,83176
Ошибка 3	425978,7	180	2366,548			

Приложение 16

Результаты дисперсионного анализа сухой массы сорных растений в посевах горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, г/м² (преобразованные данные)

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	7949,83	359				
Делянки 2 (AB*R)	2401,14	119				
Делянки 1 (A*R)	363,91	19				
R	162,81	3	54,27			
A	117,84	4	29,461	4,246	3,26	0,02274
Ошибка 1	83,26	12	6,938			
B	1531,98	5	306,396	53,051	2,34	<0,00001
AB	72,09	20	3,604	0,624	1,71	0,88236
Ошибка 2	433,16	75	5,775			
C	3608,34	2	1804,172	259,184	3,05	<0,00001
AC	131,47	8	16,434	2,361	1,99	0,01939
BC	245,95	10	24,595	3,533	1,88	0,00028
ABC	309,94	40	7,749	1,113	1,46	0,31215
Ошибка 3	1252,97	180	6,961			

Приложение 17

Сухая масса сорных растений в посевах горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, г/м² (преобразованные данные)

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	10,8	5,0	17,1	11,0	11,4
	1,0	8,8	2,9	9,4	7,0	8,6
	1,5	6,0	2,9	9,0	6,0	7,9
	2,0	4,7	3,2	10,0	6,0	6,7
	2,5	5,3	2,2	7,7	5,0	5,7
	3,0	4,0	1,8	7,4	4,4	5,3
	Среднее	6,6	3,0	10,1	6,6	
N ₂₀	0,5	11,3	4,5	17,2	11,0	
	1,0	9,9	3,7	10,2	7,9	
	1,5	9,7	2,4	12,4	8,2	
	2,0	7,8	2,5	8,6	6,3	
	2,5	6,5	1,7	8,4	5,5	
	3,0	6,4	1,5	8,3	5,4	
	Среднее	8,6	2,7	10,8	7,4	
N ₄₀	0,5	9,1	6,0	19,1	11,4	
	1,0	8,8	5,9	14,7	9,8	
	1,5	10,2	3,4	11,9	8,5	
	2,0	7,0	3,1	9,6	6,6	
	2,5	7,2	2,9	7,2	5,7	
	3,0	6,2	2,4	10,0	6,2	
	Среднее	8,1	4,0	12,1	8,0	
N ₆₀	0,5	13,5	7,9	14,1	11,9	
	1,0	7,7	4,0	14,8	8,8	
	1,5	6,8	4,9	12,2	8,0	
	2,0	7,5	4,3	11,4	7,7	
	2,5	8,0	2,3	9,5	6,6	
	3,0	5,4	2,5	7,9	5,3	
	Среднее	8,2	4,3	11,7	8,0	
N ₈₀	0,5	8,1	7,4	20,5	12,0	
	1,0	10,1	5,0	12,8	9,3	
	1,5	7,2	6,1	13,5	9,0	
	2,0	5,3	3,2	12,2	6,9	
	2,5	4,3	3,2	8,6	5,4	
	3,0	4,7	2,7	8,6	5,3	
	Среднее	6,6	4,6	12,7	8,0	
Среднее по С		7,6	3,7	11,5	7,6	

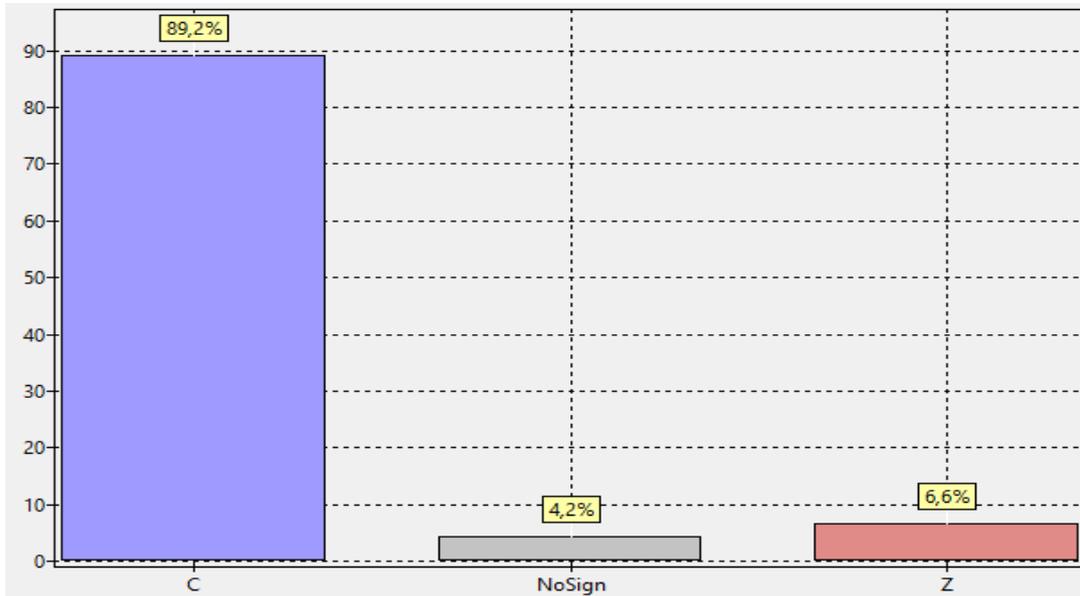
$HCP_{05}(A) = 0,96$; $HCP_{05}(B) = 0,87$; $HCP_{05}(C) = 0,67$;

$HCP_{05}(AB) = F_{\phi} < F_{05}$; $HCP_{05}(AC) = 1,55$; $HCP_{05}(BC) = 1,60$;

$HCP_{05}(ABC) = F_{\phi} < F_{05}$;

Приложение 18

Доля действия факторов на содержание жира в семенах горчицы белой (А – доза азотного удобрения, В – норма высева, С – условия года), %



Приложение 19

Результаты дисперсионного анализа массовой доли жирного масла в семенах горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	945,34	179				
Делянки 2 (AB*R)	36,08	59				
Делянки 1 (A*R)	29,95	9				
R	15,25	1	15,254			
A	11,57	4	2,892	3,702	6,39	0,11643
Ошибка 1	3,12	4	0,781			
B	0,65	5	0,131	0,993	2,60	0,44193
AB	2,19	20	0,109	0,829	2,01	0,66266
Ошибка 2	3,3	25	0,132			
C	829,36	2	414,68	453,478	3,15	<0,00001
AC	14,47	8	1,809	1,978	2,10	0,06478
BC	2,35	10	0,235	0,257	1,99	0,98788
ABC	8,21	40	0,205	0,224	1,59	1
Ошибка 3	54,87	60	0,914			

Приложение 20

Результаты дисперсионного анализа массовой доли эфирного масла в семенах горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	0,0516	179				
Делянки 2 (AB*R)	0,0122	59				
Делянки 1 (A*R)	0,0037	9				
R	0,0001	1	0,00006			
A	0,0019	4	0,00047	1,061	6,39	0,47785
Ошибка 1	0,0018	4	0,00045			
B	0,0007	5	0,00015	0,706	2,60	0,62444
AB	0,0024	20	0,00012	0,561	2,01	0,90437
Ошибка 2	0,0053	25	0,00021			
C	0,009	2	0,0045	18,671	3,15	<0,00001
AC	0,0038	8	0,00048	1,971	2,10	0,06571
BC	0,0031	10	0,00031	1,298	1,99	0,25236
ABC	0,0091	40	0,00023	0,94	1,59	0,57691
Ошибка 3	0,0145	60	0,00024			

Приложение 21

Гидротермические условия роста и развития горчицы белой по межфазным периодам, 2017-2019 гг.

Показатель	Годы	посев- всходы	всходы- цветение	цветение- образование зеленого стручка	образование зеленого стручка- начало созревания	начало созревания- полное созревание	Посев- созревание	Всходы- созревание
Продолжи- тельность, сутки	2017	14	49	21	13	16	113	99
	2018	11	35	17	14	10	87	76
	2019	13	43	21	23	12	112	99
Средняя t, °С	2017	6,2	10,6	15,7	20,2	22,4	13,8	14,8
	2018	8,6	15,2	18,9	20,2	23,9	16,9	18,1
	2019	5,9	11,2	20,9	24,3	23,0	16,3	17,7
Сумма активных t, °С	2017	0	317,9	330,4	262,4	359,0	1269,7	1269,7
	2018	26,7	522,9	321,4	282,8	239,2	1393,0	1366,3
	2019	0	368,7	438,1	558,8	275,4	1641,0	1641,0
Количество осадков, мм	2017	11,4	58,6	14,8	3,7	16,8	105,3	93,9
	2018	2,4	5,9	10,4	11,2	1,4	31,3	28,9
	2019	1,5	39,7	11,6	115,6	14,1	182,5	181
ГТК (по Селянинову)	2017		1,8	0,4	0,1	0,5	0,8	0,7
	2018	0,9	0,1	0,3	0,4	0,1	0,2	0,2
	2019		1,1	0,3	2,1	0,5	1,1	1,1

Приложение 22

Результаты дисперсионного анализа валового сбора жирного масла горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	1255276	179				
Делянки 2 (AB*R)	129762	59				
Делянки 1 (A*R)	88206	9				
R	7814	1	7814,4			
A	79534	4	19883,5	92,772	6,39	0,00034
Ошибка 1	857	4	214,3			
B	30385	5	6077	26,235	2,60	<0,00001
AB	5380	20	269	1,161	2,01	0,35747
Ошибка 2	5791	25	231,6			
C	993720	2	496860	717,862	3,15	<0,00001
AC	57259	8	7157,4	10,341	2,10	<0,00001
BC	19256	10	1925,6	2,782	1,99	0,00682
ABC	13750	40	343,8	0,497	1,59	0,98975
Ошибка 3	41528	60	692,1			

Приложение 23

Результаты дисперсионного анализа валового сбора эфирного масла горчицы белой в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	9,8332	179				
Делянки 2 (AB*R)	1,2389	59				
Делянки 1 (A*R)	0,7308	9				
R	0,0669	1	0,06689			
A	0,6194	4	0,15485	13,929	6,39	0,01286
Ошибка 1	0,0445	4	0,01112			
B	0,2674	5	0,05348	8,996	2,60	0,00005
AB	0,0921	20	0,00461	0,775	2,01	0,71754
Ошибка 2	0,1486	25	0,00594			
C	7,0477	2	3,52387	369,852	3,15	<0,00001
AC	0,4561	8	0,05701	5,984	2,10	0,00001
BC	0,2432	10	0,02432	2,553	1,99	0,01222
ABC	0,2756	40	0,00689	0,723	1,59	0,86086
Ошибка 3	0,5717	60	0,00953			

Приложение 24

Результаты дисперсионного анализа влияния дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года на полевую всхожесть семян горчицы сарептской

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	178010,8	359				
Делянки 2 (AB*R)	11287,04	119				
Делянки 1 (A*R)	3129,1	19				
R	1108,94	3	369,646			
A	400,36	4	100,089	0,741	3,26	0,58173
Ошибка 1	1619,8	12	134,984			
B	701,12	5	140,225	1,847	2,34	0,11385
AB	1764,1	20	88,205	1,162	1,71	0,31054
Ошибка 2	5692,71	75	75,903			
C	145341,4	2	72670,71	824,558	3,05	<0,00001
AC	890,5	8	111,313	1,263	1,99	0,26552
BC	1329,8	10	132,98	1,509	1,88	0,13924
ABC	3298,12	40	82,453	0,936	1,46	0,58482
Ошибка 3	15863,93	180	88,133			

Приложение 25

Результаты дисперсионного анализа влияния дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года на сохранность растений горчицы сарептской

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	12537,92	359				
Делянки 2 (AB*R)	4009,88	119				
Делянки 1 (A*R)	871,38	19				
R	360,7	3	120,234			
A	25,99	4	6,496	0,161	3,26	0,95417
Ошибка 1	484,69	12	40,391			
B	107,43	5	21,486	0,599	2,34	0,70081
AB	340,69	20	17,035	0,475	1,71	0,96851
Ошибка 2	2690,38	75	35,872			
C	2820,17	2	1410,086	53,043	3,05	<0,00001
AC	56,66	8	7,083	0,266	1,99	0,97592
BC	168,96	10	16,896	0,636	1,88	0,78206
ABC	697,12	40	17,428	0,656	1,46	0,9423
Ошибка 3	4785,12	180	26,584			

Приложение 26

Коэффициенты корреляции и детерминации между сохранностью растений горчицы сарептской и ГТК по фазам развития

Показатель	R	D	Sr	Tr ф.	Tr 05.
ГТК «всходы–цветение»	0,72	0,51	0,07	9,65	1,99
ГТК «цветение – образование зеленого стручка»	0,36	0,13	0,10	3,64	1,99
ГТК «образование зеленого стручка – созревание»	0,31	0,09	0,10	3,01	1,99
ГТК «созревание – полная спелость»	-0,78	0,61	0,07	-11,68	1,99
ГТК «всходы – полная спелость»	0,50	0,25	0,09	5,47	1,99

Приложение 27

Результаты дисперсионного анализа количества стручков на одном растении горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	186104,4	359				
Делянки 2 (AB*R)	160821,1	119				
Делянки 1 (A*R)	12674,52	19				
R	401,89	3	133,963			
A	11399,13	4	2849,783	39,15	3,26	<0,00001
Ошибка 1	873,5	12	72,791			
B	136001,3	5	27200,25	283,163	2,34	<0,00001
AB	4940,94	20	247,047	2,572	1,71	0,00172
Ошибка 2	7204,4	75	96,059			
C	748,66	2	374,332	4,338	3,05	0,01446
AC	1483,48	8	185,435	2,149	1,99	0,03352
BC	3612,84	10	361,284	4,187	1,88	0,00003
ABC	3905,01	40	97,625	1,131	1,46	0,28892
Ошибка 3	15533,3	180	86,296			

Приложение 28

Результаты дисперсионного анализа количества семян в стручке горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	1040,01	359				
Делянки 2 (AB*R)	582,1	119				
Делянки 1 (A*R)	225,74	19				
R	32,01	3	10,67			
A	147,42	4	36,855	9,549	3,26	0,00104
Ошибка 1	46,31	12	3,86			
B	244,8	5	48,96	39,604	2,34	<0,00001
AB	18,84	20	0,942	0,762	1,71	0,74865
Ошибка 2	92,72	75	1,236			
C	33,29	2	16,647	9,68	3,05	0,0001
AC	37,41	8	4,676	2,719	1,99	0,00749
BC	44,21	10	4,421	2,571	1,88	0,00625
ABC	33,45	40	0,836	0,486	1,46	0,9958
Ошибка 3	309,55	180	1,72			

Приложение 29

Результаты дисперсионного анализа массы 1000 семян горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	27,7356	359				
Делянки 2 (AB*R)	6,0799	119				
Делянки 1 (A*R)	3,5731	19				
R	2,1879	3	0,72931			
A	0,4034	4	0,10084	1,233	3,26	0,34835
Ошибка 1	0,9818	12	0,08182			
B	0,2855	5	0,0571	2,313	2,34	0,05206
AB	0,3698	20	0,01849	0,749	1,71	0,7627
Ошибка 2	1,8514	75	0,02469			
C	9,1779	2	4,58894	95,789	3,05	<0,00001
AC	0,869	8	0,10863	2,268	1,99	0,02471
BC	1,6038	10	0,16038	3,348	1,88	0,00051
ABC	1,3819	40	0,03455	0,721	1,46	0,88884
Ошибка 3	8,6232	180	0,04791			

Приложение 30

Результаты дисперсионного анализа зависимости урожайности горчицы сарептской от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	61,5982	359				
Делянки 2 (AB*R)	8,1045	119				
Делянки 1 (A*R)	4,8441	19				
R	0,079	3	0,02634			
A	4,4593	4	1,11481	43,748	3,26	<0,00001
Ошибка 1	0,3058	12	0,02548			
B	1,6082	5	0,32165	20,863	2,34	<0,00001
AB	0,4959	20	0,0248	1,608	1,71	0,0729
Ошибка 2	1,1563	75	0,01542			
C	45,2641	2	22,63204	1321,272	3,05	<0,00001
AC	3,4029	8	0,42537	24,833	1,99	<0,00001
BC	0,8988	10	0,08988	5,247	1,88	<0,00001
ABC	0,8446	40	0,02112	1,233	1,46	0,18009
Ошибка 3	3,0832	180	0,01713			

Приложение 31

Результаты регрессионного анализа урожайности горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	P-знач.
Model	13,1325	3	4,37751	339,41	0,0000
Residual	1,10917	86	0,0128974		
Total (Corr.)	14,2417	89			

R-squared = 92,2118 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 91,9401 percent

Приложение 32

Результаты регрессионного анализа урожайности горчицы сарептской в зависимости от нормы высева и условий года

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	11,8867	3	3,96224	144,69	0,0000
Residual	2,35499	86	0,0273836		
Total (Corr.)	14,2417	89			

R-squared = 83,4641 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 82,8873 percent

Приложение 33

Видовой и количественный состав сорняков в посевах горчицы сарептской, шт./м²

Вид сорняка	2017		2018		2019	
	фаза 3-4 листьев	перед уборкой	фаза 3-4 листьев	перед уборкой	фаза 3-4 листьев	перед уборкой
Многолетние кореотпрысковые:						
Бодяк полевой (<i>Cirsium arvense L.</i>)	0,4				0,4	
Вьюнок полевой (<i>Convolvulus arvensis L.</i>)	2,4	0,5	1,8	0,3	2,2	1,6
Латук татарский (<i>Lactuca tatarica L.</i>)	0,3		0,1			
Малолетние ранние яровые:						
Горец вьюнковый (<i>Fallopia convolvulus L.</i>)	1,3	2,3	14,2	24,7	4,8	8,7
Дымянка лекарственная (<i>Fumaria officinalis L.</i>)	1					
Марь белая (<i>Chenopodium album L.</i>)	94,6	145,8	4,0	8,8	11,1	21,6
Малолетние поздние яровые:						
Злаковые	0,1	0,07	0,1	0,6	0,03	0,1
Торица полевая (<i>Spergula arvensis L.</i>)					0,03	0,03
Щирица запрокинутая (<i>Amaranthus retroflexus L.</i>)			0,4			
Малолетние зимующие:						
Вероника плющелистная (<i>Veronica hederifolia L.</i>)	0,2					
Воробейник полевой (<i>Buglossoides arvensis L.</i>)			0,08			
Дескурайния Софьи (<i>Descurainia sophia L.</i>)	0,1					
Живокость полевая (<i>Delphinium consolida</i>)	0,08					
Латук дикий (<i>Lactuca serriola L.</i>)		0,5		0,3		
Мак самосейка (<i>Papaver rhoeas L.</i>)	0,4					0,1

Приложение 34

Результаты дисперсионного анализа количества сорняков в посевах горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года (1-й учет)

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	879588,2	359				
Делянки 2 (AB*R)	120057,6	119				
Делянки 1 (A*R)	33946,44	19				
R	10489,73	3	3496,578			
A	8444,44	4	2111,111	1,688	3,26	0,21715
Ошибка 1	15012,27	12	1251,022			
B	8859,42	5	1771,884	2,196	2,34	0,06352
AB	16728,36	20	836,418	1,036	1,71	0,43277
Ошибка 2	60523,33	75	806,978			
C	528598	2	264299	293,864	3,05	<0,00001
AC	21921,16	8	2740,144	3,047	1,99	0,00308
BC	12638,84	10	1263,884	1,405	1,88	0,18097
ABC	34482,04	40	862,051	0,958	1,46	0,54686
Ошибка 3	161890,7	180	899,393			

Приложение 35

Количество сорняков в посеве горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения и нормы высева культуры (1-й учет, фаза 3-4 листьев) в 2017 году, шт./м²

Нормы азотных удобрений, кг д.в./га (фактор А)	Нормы высева, шт./га (фактор В)						Средняя по А
	0,5 млн	1,0 млн	1,5 млн	2,0 млн	2,5 млн	3,0 млн	
N ₀ (контроль)	122	121	169	131	120	95	126
N ₂₀	134	73	89	91	96	97	97
N ₄₀	92	92	126	121	100	130	110
N ₆₀	169	61	72	77	88	54	87
N ₈₀	111	87	75	79	70	85	85
Средняя по В	126	87	106	100	95	92	
НСР ₀₅	$A = F_{\text{факт.}} < F_{0,5};$ $B = F_{\text{факт.}} < F_{0,5};$ $AB = F_{\text{факт.}} < F_{0,5}$						

Приложение 36

Результаты дисперсионного анализа количества сорняков в посеве горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения и нормы высева культуры (1-й учет, фаза 3-4 листьев) в 2017 году, шт./м²

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Субделянки	301262,80	119				
Главные делянки	82134,80	19				
Повторения	8580,67	3	2860,222			
Фактор А	29219,47	4	7304,867	1,98	3,26	
Ошибка 1 (главных делянок)	44334,67	12	3694,556			
Фактор Б	19022,00	5	3804,400	1,86	2,34	
Взаимодействия АБ	46321,33	20	2316,067	1,13	1,71	
Ошибка 2 (субделянок)	153784,67	75	2050,462			

Приложение 37

Результаты дисперсионного анализа количества сорняков в посевах горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года (2-й учет)

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	1926360	359				
Делянки 2 (AB*R)	297831,8	119				
Делянки 1 (A*R)	119891,8	19				
R	47664,8	3	15888,27			
A	18435,82	4	4608,956	1,028	3,26	0,43196
Ошибка 1	53791,2	12	4482,6			
B	7332,62	5	1466,524	0,79	2,34	0,56006
AB	31410,04	20	1570,502	0,846	1,71	0,65164
Ошибка 2	139197,3	75	1855,964			
C	1072559	2	536279,6	242,737	3,05	<0,00001
AC	59464,71	8	7433,089	3,364	1,99	0,00128
BC	22579,91	10	2257,991	1,022	1,88	0,42662
ABC	76249,42	40	1906,236	0,863	1,46	0,70307
Ошибка 3	397674,7	180	2209,304			

Приложение 38

Результаты дисперсионного анализа абсолютно сухой массы сорных растений в посевах горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, г/м² (преобразованные данные)

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	8215,74	359				
Делянки 2 (AB*R)	2565,87	119				
Делянки 1 (A*R)	352,86	19				
R	117,24	3	39,081			
A	124,23	4	31,057	3,346	3,26	0,04647
Ошибка 1	111,38	12	9,282			
B	1514,54	5	302,907	44,831	2,34	<0,00001
AB	191,73	20	9,587	1,419	1,71	0,14056
Ошибка 2	506,75	75	6,757			
C	3275,46	2	1637,728	194,296	3,05	<0,00001
AC	78,75	8	9,844	1,168	1,99	0,32095
BC	486,94	10	48,694	5,777	1,88	<0,00001
ABC	291,5	40	7,288	0,865	1,46	0,70032
Ошибка 3	1517,22	180	8,429			

Приложение 39

Абсолютно сухая масса сорных растений в посевах горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года, г/м² (преобразованные данные)

Доза азотного удобрения, кг/га д. в. (А)	Норма высева, млн шт./га (В)	Год (С)			Среднее	Среднее по В
		2017	2018	2019		
N ₀ (контроль)	0,5	8,2	6,4	17,0	10,5	12,4
	1,0	7,3	6,0	13,7	9,0	10,0
	1,5	6,7	3,6	11,4	7,2	8,9
	2,0	4,8	4,2	9,8	6,3	7,4
	2,5	5,5	4,7	10,4	6,8	7,1
	3,0	4,5	4,3	9,9	6,2	6,3
	Среднее по А ₁	6,2	4,8	12,0	7,7	
N ₂₀	0,5	11,2	5,9	17,9	11,7	
	1,0	7,4	3,6	16,2	9,0	
	1,5	6,9	6,7	14,4	9,3	
	2,0	7,2	5,5	8,5	7,0	
	2,5	6,1	4,5	11,4	7,3	
	3,0	6,4	4,6	9,9	7,0	
	Среднее по А ₂	7,5	5,1	13,0	8,6	
N ₄₀	0,5	10,3	6,0	19,0	11,8	
	1,0	8,7	7,4	14,6	10,2	
	1,5	8,0	7,7	11,8	9,2	
	2,0	8,8	5,1	9,5	7,8	
	2,5	6,7	5,8	9,4	7,3	
	3,0	7,1	3,8	8,0	6,3	
	Среднее по А ₃	8,2	6,0	12,0	8,7	
N ₆₀	0,5	14,7	7,9	20,1	14,2	
	1,0	9,1	7,5	17,4	11,3	
	1,5	7,7	6,7	9,6	8,0	
	2,0	5,9	8,0	12,9	8,9	
	2,5	5,0	6,1	11,0	7,4	
	3,0	3,9	5,6	9,0	6,1	
	Среднее по А ₄	7,7	7,0	13,3	9,3	
N ₈₀	0,5	13,2	8,1	20,2	13,8	
	1,0	7,7	7,6	16,1	10,5	
	1,5	7,0	6,9	18,6	10,8	
	2,0	5,6	5,2	10,9	7,2	
	2,5	4,5	5,2	10,7	6,8	
	3,0	5,2	5,3	7,5	6,0	
	Среднее по А ₅	7,2	6,4	14,0	9,2	
Среднее по С		7,4	5,9	12,9	8,7	

$HCP_{05}(A) = 1,11$; $HCP_{05}(B) = 0,95$; $HCP_{05}(C) = 0,74$;

$HCP_{05}(AB) = F_{\phi} < F_{05}$; $HCP_{05}(AC) = F_{\phi} < F_{05}$; $HCP_{05}(BC) = 1,76$;

$HCP_{05}(ABC) = F_{\phi} < F_{05}$;

Приложение 40

Результаты дисперсионного анализа массовой доли жирного масла в семенах горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	2578,388	179				
Делянки 2 (AB*R)	82,5736	59				
Делянки 1 (A*R)	54,0397	9				
R	14,7347	1	14,73472			
A	28,327	4	7,08176	2,58	6,39	0,19045
Ошибка 1	10,978	4	2,7445			
B	4,7002	5	0,94005	1,999	2,60	0,1137
AB	12,0747	20	0,60374	1,284	2,01	0,27437
Ошибка 2	11,7588	25	0,47035			
C	2398,637	2	1199,319	1668,963	3,15	<0,00001
AC	30,5892	8	3,82366	5,321	2,10	0,00005
BC	8,4456	10	0,84456	1,175	1,99	0,32526
ABC	15,0265	40	0,37566	0,523	1,59	0,9843
Ошибка 3	43,1161	60	0,7186			

Приложение 41

Гидротермические условия роста и развития горчицы сарептской по межфазным периодам, 2017-2019 гг.

Показатель	Год	Посев- всходы	Всходы- цветение	Цветение- образование зеленого стручка	Образование зеленого стручка- созревание	Созревание- полное созревание	Посев- созревание	Всходы- созревание
Продолжи- тельность, сутки	2017	19	51	21	13	19	123	104
	2018	15	38	17	16	13	99	84
	2019	20	46	17	22	17	122	102
Средняя t, °С	2017	6,5	11,6	17,3	20,2	23,3	14,7	16,0
	2018	9,5	15,8	20	22,5	23,9	17,7	19,2
	2019	6,3	13,7	22,0	24,3	22,0	16,7	18,7
Сумма активных t, °С	2017	0	426,4	363,1	262,5	443,5	1495,5	1495,5
	2018	74,7	591,6	340,7	360,7	310,2	1677,9	1603,2
	2019	0	565	374,8	534,2	374,7	1848,7	1848,7
Количество осадков, мм	2017	21,3	56,9	6,6	8,1	22,1	115	93,7
	2018	2,4	16,3	0	12,6	35,9	67,2	64,8
	2019	1,6	41,7	88,5	38,6	31,2	201,6	200
ГТК (по Селянинову)	2017		1,3	0,2	0,3	0,5	0,8	0,6
	2018	0,3	0,3	0,0	0,3	1,2	0,4	0,4
	2019		0,7	2,4	0,7	0,8	1,1	1,1

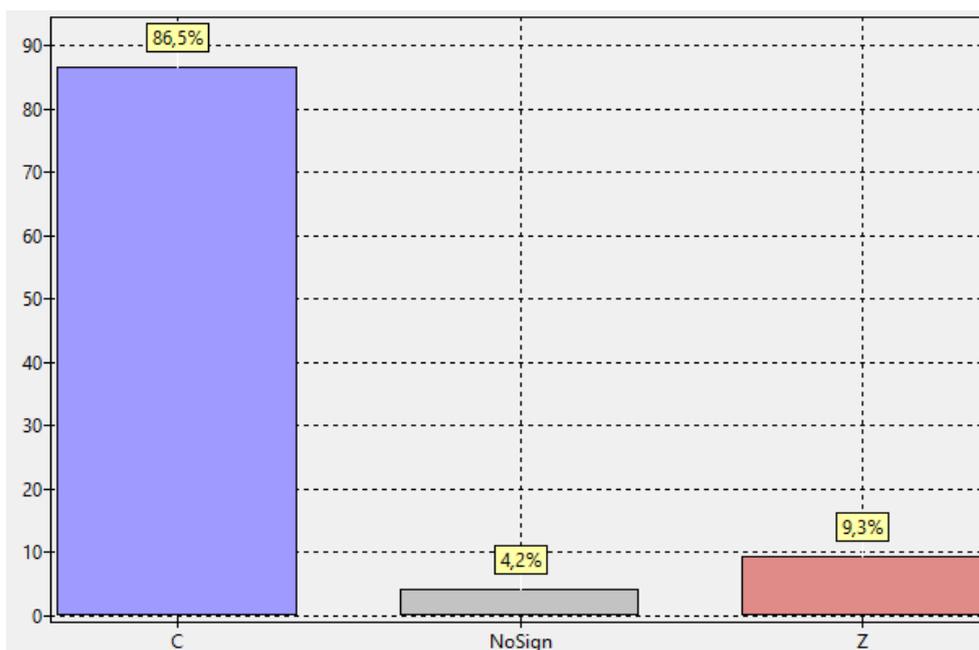
Приложение 42

Результаты дисперсионного анализа массовой доли эфирного масла в семенах горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	0,9549	179				
Делянки 2 (AB*R)	0,0394	59				
Делянки 1 (A*R)	0,019	9				
R	0,0109	1	0,01089			
A	0,0027	4	0,00067	0,493	6,39	0,74473
Ошибка 1	0,0055	4	0,00136			
B	0,0039	5	0,00077	1,984	2,60	0,116
AB	0,0068	20	0,00034	0,875	2,01	0,6154
Ошибка 2	0,0097	25	0,00039			
C	0,8169	2	0,40843	336,465	3,15	<0,00001
AC	0,0089	8	0,00111	0,914	2,10	0,51162
BC	0,0062	10	0,00062	0,51	1,99	0,87637
ABC	0,0107	40	0,00027	0,221	1,59	1
Ошибка 3	0,0145	60	0,00024			

Приложение 43

Доля действия факторов (C – условия года) на накопление эфирного масла в семенах горчицы сарептской, %



Приложение 44

Результаты дисперсионного анализа валового сбора жирного масла горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	6367593	179				
Делянки 2 (AB*R)	752975	59				
Делянки 1 (A*R)	333255	9				
R	44	1	44			
A	314708	4	78676,9	17,008	6,39	0,00891
Ошибка 1	18503	4	4625,9			
B	186413	5	37282,6	6,011	2,60	0,00088
AB	78240	20	3912	0,631	2,01	0,85201
Ошибка 2	155067	25	6202,7			
C	4793050	2	2396525	426,668	3,15	<0,00001
AC	248470	8	31058,7	5,53	2,10	0,00003
BC	93074	10	9307,4	1,657	1,99	0,11254
ABC	143014	40	3575,4	0,637	1,59	0,93429
Ошибка 3	337011	60	5616,8			

Приложение 45

Результаты дисперсионного анализа валового сбора эфирного масла горчицы сарептской в зависимости от дозы азотного удобрения, нормы высева и условий года

Источник дисперсии	SS	Df	MS	F-факт.	F-05.	P-знач.
Делянки 3 (ABC*R)	704,18	179				
Делянки 2 (AB*R)	102,75	59				
Делянки 1 (A*R)	49,39	9				
R	0,26	1	0,265			
A	46,3	4	11,576	16,409	6,39	0,00952
Ошибка 1	2,82	4	0,705			
B	22,04	5	4,408	5,367	2,60	0,00174
AB	10,78	20	0,539	0,656	2,01	0,83013
Ошибка 2	20,54	25	0,821			
C	489,65	2	244,825	283,399	3,15	<0,00001
AC	29,76	8	3,72	4,307	2,10	0,00039
BC	9,66	10	0,966	1,118	1,99	0,36404
ABC	20,52	40	0,513	0,594	1,59	0,95883
Ошибка 3	51,83	60	0,864			

Приложение 46

Экономическая оценка возделывания горчицы белой на семена в зависимости от нормы высева и дозы азотных удобрений в 2017 году

Нормы азотных удобрений, кг д.в./га (фактор А)	Нормы высева, шт./га (фактор В)	Урожайность семян, ц/га	Стоимость продукции, руб./га	Всего затрат, руб./га	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %	Себестоимость семян, руб./кг
N ₀	0,5	0,48	14400	7245,78	7154,22	98,7	15095,37
	1,0	0,56	16800	7648,61	9151,39	119,6	13658,23
	1,5	0,57	17100	8038,08	9061,92	112,7	14101,89
	2,0	0,63	18900	8437,09	10462,91	124,0	13392,21
	2,5	0,55	16500	8809,39	7690,61	87,3	16017,08
	3,0	0,54	16200	9195,05	7004,95	76,2	17027,87
N ₂₀	0,5	0,62	18600	8680,93	9919,07	114,3	14001,50
	1,0	0,67	20100	9078,03	11021,97	121,4	13549,31
	1,5	0,64	19200	9459,88	9740,12	103,0	14781,06
	2,0	0,75	22500	9868,43	12631,57	128,0	13157,91
	2,5	0,86	25800	10276,98	15523,02	151,0	11949,98
	3,0	0,83	24900	10658,82	14241,18	133,6	12841,96
N ₄₀	0,5	0,57	17100	10004,29	7095,71	70,9	17551,38
	1,0	0,89	26700	10452,91	16247,09	155,4	11744,84
	1,5	0,82	24600	10827,12	13772,88	127,2	13203,81
	2,0	0,93	27900	11235,67	16664,33	148,3	12081,37
	2,5	0,84	25200	11606,07	13593,93	117,1	13816,75
	3,0	0,79	23700	11984,09	11715,91	97,8	15169,74
N ₆₀	0,5	0,92	27600	11403,97	16196,03	142,0	12395,62
	1,0	0,90	27000	11787,72	15212,28	129,1	13097,47
	1,5	0,98	29400	12190,55	17209,45	141,2	12439,34
	2,0	1,09	32700	12599,10	20100,90	159,5	11558,81
	2,5	0,97	29100	12963,77	16136,23	124,5	13364,71
	3,0	1,05	31500	13366,60	18133,40	135,7	12730,10
N ₈₀	0,5	0,82	24600	12717,79	11882,21	93,4	15509,50
	1,0	1,06	31800	13151,15	18648,85	141,8	12406,74
	1,5	1,19	35700	13563,52	22136,48	163,2	11397,91
	2,0	1,09	32700	13932,00	18768,00	134,7	12781,65
	2,5	1,07	32100	14315,75	17784,25	124,2	13379,21
	3,0	0,90	27000	14670,88	12329,12	84,0	16300,98
Средние по фактору А	N ₀	0,56	16650	8229,00	8421,00	103,1	14882,11
	N ₂₀	0,73	21850	9670,51	12179,49	125,2	13380,28
	N ₄₀	0,81	24200	11018,36	13181,64	119,5	13927,98
	N ₆₀	0,99	29550	12385,29	17164,71	138,7	12597,67
	N ₈₀	1,02	30650	13725,18	16924,82	123,6	13629,33
Средние по фактору В	0,5	0,68	20460	10010,55	10449,45	103,9	14910,67
	1,0	0,82	24480	10423,68	14056,32	133,5	12891,32
	1,5	0,84	25200	10815,83	14384,17	129,5	13184,80
	2,0	0,90	26940	11214,46	15725,54	138,9	12594,39
	2,5	0,86	25740	11594,39	14145,61	120,8	13705,55
	3,0	0,82	24660	11975,09	12684,91	105,5	14814,13

Приложение 47

Экономическая оценка возделывания горчицы белой на семена в зависимости от нормы высева и дозы азотных удобрений в 2018 году

Нормы азотных удобрений, кг д.в./га (фактор А)	Нормы высева, шт./га (фактор В)	Урожайность семян, ц/га	Стоимость продукции, руб./га	Всего затрат, руб./га	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %	Себестоимость семян, руб./кг
N ₀	0,5	0,23	6900	7198,08	-298,08	-4,1	31295,98
	1,0	0,25	7500	7589,46	-89,46	-1,2	30357,83
	1,5	0,23	6900	7973,21	-1073,21	-13,5	34666,11
	2,0	0,23	6900	8360,77	-1460,77	-17,5	36351,18
	2,5	0,21	6300	8744,52	-2444,52	-28,0	41640,57
	3,0	0,24	7200	9137,81	-1937,81	-21,2	38074,20
N ₂₀	0,5	0,25	7500	8610,33	-1110,33	-12,9	34441,33
	1,0	0,22	6600	8992,17	-2392,17	-26,6	40873,51
	1,5	0,23	6900	9381,65	-2481,65	-26,5	40789,77
	2,0	0,24	7200	9771,12	-2571,12	-26,3	40713,00
	2,5	0,21	6300	10152,96	-3852,96	-37,9	48347,43
	3,0	0,20	6000	10538,62	-4538,62	-43,1	52693,09
N ₄₀	0,5	0,23	6900	9939,42	-3039,42	-30,6	43214,85
	1,0	0,22	6600	10325,07	-3725,07	-36,1	46932,15
	1,5	0,24	7200	10716,45	-3516,45	-32,8	44651,89
	2,0	0,24	7200	11104,02	-3904,02	-35,2	46266,75
	2,5	0,23	6900	11489,68	-4589,68	-39,9	49955,11
	3,0	0,23	6900	11877,24	-4977,24	-41,9	51640,18
N ₆₀	0,5	0,23	6900	11272,32	-4372,32	-38,8	49010,07
	1,0	0,24	7200	11661,79	-4461,79	-38,3	48590,78
	1,5	0,25	7500	12051,26	-4551,26	-37,8	48205,05
	2,0	0,22	6600	12433,10	-5833,10	-46,9	56514,10
	2,5	0,22	6600	12820,67	-6220,67	-48,5	58275,76
	3,0	0,22	6600	13208,23	-6608,23	-50,0	60037,42
N ₈₀	0,5	0,24	7200	12607,12	-5407,12	-42,9	52529,68
	1,0	0,27	8100	13000,41	-4900,41	-37,7	48149,67
	1,5	0,26	7800	13386,07	-5586,07	-41,7	51484,88
	2,0	0,22	6600	13766,00	-7166,00	-52,1	62572,74
	2,5	0,21	6300	14151,66	-7851,66	-55,5	67388,85
	3,0	0,23	6900	14543,04	-7643,04	-52,6	63230,61
Средние по фактору А	N ₀	0,23	6950	8167,31	-1217,31	-14,2	8167,31
	N ₂₀	0,23	6750	9574,47	-2824,47	-28,9	9574,47
	N ₄₀	0,23	6950	10908,65	-3958,65	-36,1	10908,65
	N ₆₀	0,23	6900	12241,23	-5341,23	-43,4	12241,23
	N ₈₀	0,24	7150	13575,72	-6425,72	-47,1	13575,72
Средние по фактору В	0,5	0,24	7080	9925,45	-2845,45	-25,9	42098,38
	1,0	0,24	7200	10313,78	-3113,78	-28,0	42980,79
	1,5	0,24	7260	10701,73	-3441,73	-30,4	43959,54
	2,0	0,23	6900	11087,00	-4187,00	-35,6	48483,55
	2,5	0,22	6480	11471,90	-4991,90	-42,0	53121,55
	3,0	0,22	6720	11860,99	-5140,99	-41,8	53135,10

Приложение 48

Экономическая оценка возделывания горчицы белой на семена в зависимости от нормы высева и дозы азотных удобрений в 2019 году.

Нормы азотных удобрений, кг д.в./га (фактор А)	Нормы высева, шт./га (фактор В)	Урожайность семян, ц/га	Стоимость продукции, руб./га	Всего затрат, руб./га	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %	Себестоимость семян, руб./кг
N ₀	0,5	0,26	7800	8670,16	-870,16	-10,0	33346,78
	1,0	0,39	11700	9082,53	2617,47	28,8	23288,54
	1,5	0,5	15000	9491,09	5508,91	58,0	18982,17
	2,0	0,55	16500	9888,19	6611,81	66,9	17978,53
	2,5	0,53	15900	10271,94	5628,06	54,8	19381,02
	3,0	0,55	16500	10663,32	5836,68	54,7	19387,86
N ₂₀	0,5	0,42	12600	10109,13	2490,87	24,6	24069,36
	1,0	0,58	17400	10527,22	6872,78	65,3	18150,39
	1,5	0,62	18600	10922,42	7677,58	70,3	17616,81
	2,0	0,63	18900	11311,90	7588,10	67,1	17955,39
	2,5	0,67	20100	11707,09	8392,91	71,7	17473,27
	3,0	0,67	20100	12094,66	8005,34	66,2	18051,73
N ₄₀	0,5	0,46	13800	11449,66	2350,34	20,5	24890,57
	1,0	0,65	19500	11873,48	7626,52	64,2	18266,89
	1,5	0,72	21600	12274,40	9325,60	76,0	17047,78
	2,0	0,73	21900	12663,88	9236,12	72,9	17347,77
	2,5	0,75	22500	13055,26	9444,74	72,3	17407,01
	3,0	0,76	22800	13444,73	9355,27	69,6	17690,43
N ₆₀	0,5	0,55	16500	12799,73	3700,27	28,9	23272,24
	1,0	0,6	18000	13196,84	4803,16	36,4	21994,73
	1,5	0,67	20100	13597,76	6502,24	47,8	20295,17
	2,0	0,73	21900	13996,77	7903,23	56,5	19173,66
	2,5	0,72	21600	14382,43	7217,57	50,2	19975,60
	3,0	0,72	21600	14770,00	6830,00	46,2	20513,88
N ₈₀	0,5	0,58	17400	14138,36	3261,64	23,1	24376,48
	1,0	0,58	17400	14525,92	2874,08	19,8	25044,70
	1,5	0,66	19800	14928,75	4871,25	32,6	22619,32
	2,0	0,72	21600	15327,77	6272,23	40,9	21288,56
	2,5	0,72	21600	15715,33	5884,67	37,4	21826,85
	3,0	0,70	21000	16099,08	4900,92	30,4	22998,69
Средние по фактору А	N ₀	0,46	13900	9677,87	4222,13	42,2	22060,81
	N ₂₀	0,60	17950	11112,07	6837,93	60,9	18886,16
	N ₄₀	0,68	20350	12460,23	7889,77	62,6	18775,08
	N ₆₀	0,67	19950	13790,59	6159,41	44,3	20870,88
	N ₈₀	0,66	19800	15122,54	4677,46	30,7	23025,77
Средние по фактору В	0,5	0,45	13620	11433,41	2186,59	17,4	25991,09
	1,0	0,56	16800	11841,20	4958,80	42,9	21349,05
	1,5	0,63	19020	12242,88	6777,12	57,0	19312,25
	2,0	0,67	20160	12637,70	7522,30	60,9	18748,78
	2,5	0,68	20340	13026,41	7313,59	57,3	19212,75
	3,0	0,68	20400	13414,36	6985,64	53,4	19728,52

Приложение 49

Экономическая оценка возделывания горчицы сарептской на семена в зависимости от нормы высева и дозы азотных удобрений в 2017 году.

Нормы азотных удобрений, кг д.в./га (фактор А)	Нормы высева, шт./га (фактор В)	Урожайность семян, ц/га	Стоимость продукции, руб./га	Всего затрат, руб./га	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %	Себестоимость семян, руб./кг
N ₀	0,5	0,49	12740	7170,17	5569,83	77,7	14633,00
	1,0	0,56	14560	7493,58	7066,42	94,3	13381,39
	1,5	0,71	18460	7832,25	10627,75	135,7	11031,34
	2,0	0,92	23920	8182,37	15737,63	192,3	8893,88
	2,5	0,75	19500	8459,99	11040,01	130,5	11279,99
	3,0	0,60	15600	8741,42	6858,58	78,5	14569,03
N ₂₀	0,5	0,71	18460	8620,59	9839,41	114,1	12141,67
	1,0	0,93	24180	8972,62	15207,38	169,5	9647,98
	1,5	0,98	25480	9292,21	16187,79	174,2	9481,85
	2,0	0,98	25480	9602,26	15877,74	165,4	9798,23
	2,5	1,29	33540	9971,46	23568,54	236,4	7729,82
	3,0	1,32	34320	10287,24	24032,76	233,6	7793,36
N ₄₀	0,5	0,73	18980	9957,30	9022,70	90,6	13640,14
	1,0	1,00	26000	10318,87	15681,13	152,0	10318,87
	1,5	1,08	28080	10644,19	17435,81	163,8	9855,73
	2,0	1,19	30940	10975,23	19964,77	181,9	9222,88
	2,5	1,36	35360	11317,72	24042,28	212,4	8321,85
	3,0	1,32	34320	11620,14	22699,86	195,3	8803,14
N ₆₀	0,5	1,15	29900	11370,34	18529,66	163,0	9887,25
	1,0	1,20	31200	11689,93	19510,07	166,9	9741,61
	1,5	1,27	33020	12013,34	21006,66	174,9	9459,33
	2,0	1,39	36140	12346,29	23793,71	192,7	8882,22
	2,5	1,44	37440	12665,88	24774,12	195,6	8795,75
	3,0	1,23	31980	12935,87	19044,13	147,2	10516,97
N ₈₀	0,5	1,25	32500	12722,32	19777,68	155,5	10177,86
	1,0	1,45	37700	13070,54	24629,46	188,4	9014,16
	1,5	1,42	36920	13374,86	23545,14	176,0	9418,92
	2,0	1,42	36920	13684,92	23235,08	169,8	9637,26
	2,5	1,49	38740	14008,32	24731,68	176,5	9401,56
	3,0	1,21	31460	14264,95	17195,05	120,5	11789,22
Средние по фактору А	N ₀	0,67	17463	7979,96	9483,37	118,2	12298,11
	N ₂₀	1,04	26910	9457,73	17452,27	182,2	9432,15
	N ₄₀	1,11	28947	10805,58	18141,09	166,0	10027,10
	N ₆₀	1,28	33280	12170,28	21109,72	173,4	9547,19
	N ₈₀	1,37	35707	13520,99	22185,68	164,5	9906,50
Средние по фактору В	0,5	0,87	22516	9968,15	12547,85	120,2	12095,99
	1,0	1,03	26728	10309,11	16418,89	154,2	10420,80
	1,5	1,09	28392	10631,37	17760,63	164,9	9849,43
	2,0	1,18	30680	10958,22	19721,78	180,4	9286,90
	2,5	1,27	32916	11284,68	21631,32	190,3	9105,79
	3,0	1,14	29536	11569,92	17966,08	155,0	10694,34

Приложение 50

Экономическая оценка возделывания горчицы сарептской на семена в зависимости от нормы высева и дозы азотных удобрений в 2018 году.

Нормы азотных удобрений, кг д.в./га (фактор А)	Нормы высева, шт./га (фактор В)	Урожайность семян, ц/га	Стоимость продукции, руб./га	Всего затрат, руб./га	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %	Себестоимость семян, руб./кг
N ₀	0,5	0,20	5200	7114,84	-1914,84	-26,9	35574,19
	1,0	0,21	5460	7426,80	-1966,80	-26,5	35365,71
	1,5	0,20	5200	7734,94	-2534,94	-32,8	38674,71
	2,0	0,21	5460	8046,90	-2586,90	-32,1	38318,58
	2,5	0,20	5200	8355,05	-3155,05	-37,8	41775,23
	3,0	0,22	5720	8668,91	-2948,91	-34,0	39404,16
N ₂₀	0,5	0,24	6240	8530,91	-2290,91	-26,9	35545,46
	1,0	0,21	5460	8835,24	-3375,24	-38,2	42072,57
	1,5	0,21	5460	9145,29	-3685,29	-40,3	43549,00
	2,0	0,20	5200	9453,43	-4253,43	-45,0	47267,17
	2,5	0,19	4940	9761,58	-4821,58	-49,4	51376,73
	3,0	0,25	6500	10083,08	-3583,08	-35,5	40332,32
N ₄₀	0,5	0,23	5980	9861,90	-3881,90	-39,4	42877,84
	1,0	0,25	6500	10175,77	-3675,77	-36,1	40703,08
	1,5	0,23	5980	10482,01	-4502,01	-42,9	45573,94
	2,0	0,23	5980	10792,06	-4812,06	-44,6	46921,99
	2,5	0,24	6240	11104,02	-4864,02	-43,8	46266,75
	3,0	0,25	6500	11415,98	-4915,98	-43,1	45663,92
N ₆₀	0,5	0,22	5720	11192,89	-5472,89	-48,9	50876,79
	1,0	0,23	5980	11504,85	-5524,85	-48,0	50021,10
	1,5	0,25	6500	11818,72	-5318,72	-45,0	47274,89
	2,0	0,24	6240	12126,87	-5886,87	-48,5	50528,61
	2,5	0,26	6760	12440,73	-5680,73	-45,7	47848,98
	3,0	0,27	7020	12752,69	-5732,69	-45,0	47232,20
N ₈₀	0,5	0,20	5200	12521,98	-7321,98	-58,5	62609,89
	1,0	0,22	5720	12835,85	-7115,85	-55,4	58344,75
	1,5	0,27	7020	13155,44	-6135,44	-46,6	48723,84
	2,0	0,24	6240	13459,77	-7219,77	-53,6	56082,36
	2,5	0,27	7020	13775,54	-6755,54	-49,0	51020,53
	3,0	0,28	7280	14087,50	-6807,50	-48,3	50312,51
Средние по фактору А	N ₀	0,21	5373	7891,24	-2517,91	-31,7	38185,43
	N ₂₀	0,22	5633	9301,59	-3668,26	-39,2	43357,21
	N ₄₀	0,24	6197	10638,62	-4441,96	-41,6	44667,92
	N ₆₀	0,25	6370	11972,79	-5602,79	-46,8	48963,76
	N ₈₀	0,25	6413	13306,01	-6892,68	-51,9	54515,65
Средние по фактору В	0,5	0,22	5668	9844,50	-4176,50	-40,1	45496,83
	1,0	0,22	5824	10155,70	-4331,70	-40,9	45301,44
	1,5	0,23	6032	10467,28	-4435,28	-41,5	44759,28
	2,0	0,22	5824	10775,81	-4951,81	-44,8	47823,74
	2,5	0,23	6032	11087,38	-5055,38	-45,1	47657,64
	3,0	0,25	6604	11401,63	-4797,63	-41,2	44589,02

Приложение 51

Экономическая оценка возделывания горчицы сарептской на семена в зависимости от нормы высева и дозы азотных удобрений в 2019 году.

Нормы азотных удобрений, кг д.в./га (фактор)	Нормы высева,	Урожайность семян, ц/га	Стоимость продукции, руб./га	Всего затрат, руб./га	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %	Себестоимость семян, руб./кг
N ₀	0,5	0,53	13780	8644,17	5135,83	59,4	16309,75
	1,0	0,61	15860	8969,48	6890,52	76,8	14704,07
	1,5	0,65	16900	9287,17	7612,83	82,0	14287,95
	2,0	0,63	16380	9593,40	6786,60	70,7	15227,62
	2,5	0,63	16380	9903,45	6476,55	65,4	15719,77
	3,0	0,65	16900	10217,32	6682,68	65,4	15718,96
N ₂₀	0,5	0,54	14040	10054,51	3985,49	39,6	18619,47
	1,0	0,65	16900	10385,55	6514,45	62,7	15977,78
	1,5	0,68	17680	10701,33	6978,67	65,2	15737,25
	2,0	0,72	18720	11019,02	7700,98	69,9	15304,19
	2,5	0,81	21060	11346,24	9713,76	85,6	14007,70
	3,0	0,74	19240	11642,94	7597,06	65,3	15733,70
N ₄₀	0,5	0,57	14820	11393,14	3426,86	30,1	19987,96
	1,0	0,72	18720	11731,81	6988,19	59,6	16294,18
	1,5	0,81	21060	12059,04	9000,96	74,6	14887,70
	2,0	0,81	21060	12369,09	8690,91	70,3	15270,48
	2,5	0,82	21320	12681,05	8638,95	68,1	15464,69
	3,0	0,78	20280	12983,47	7296,53	56,2	16645,47
N ₆₀	0,5	0,70	18200	12750,84	5449,16	42,7	18215,49
	1,0	0,78	20280	13076,16	7203,84	55,1	16764,31
	1,5	0,85	22100	13399,57	8700,43	64,9	15764,20
	2,0	0,89	23140	13717,25	9422,75	68,7	15412,64
	2,5	0,94	24440	14036,84	10403,16	74,1	14932,81
	3,0	0,83	21580	14325,91	7254,09	50,6	17260,13
N ₈₀	0,5	0,68	17680	14079,93	3600,07	25,6	20705,77
	1,0	0,76	19760	14405,24	5354,76	37,2	18954,27
	1,5	0,83	21580	14728,65	6851,35	46,5	17745,36
	2,0	0,89	23140	15050,15	8089,85	53,8	16910,28
	2,5	0,89	23140	15360,20	7779,80	50,6	17258,66
	3,0	0,79	20540	15651,17	4888,83	31,2	19811,61
Средние по фактору А	N ₀	0,62	16033	9435,83	6597,50	70,0	15328,02
	N ₂₀	0,69	17940	10858,27	7081,73	64,7	15896,68
	N ₄₀	0,75	19543	12202,93	7340,40	59,8	16425,08
	N ₆₀	0,83	21623	13551,10	8072,24	59,4	16391,60
	N ₈₀	0,81	20973	14879,22	6094,11	40,8	18564,33
Средние по фактору В	0,5	0,60	15704	11384,52	4319,48	39,5	18767,69
	1,0	0,70	18304	11713,65	6590,35	58,3	16538,92
	1,5	0,76	19864	12035,15	7828,85	66,7	15684,49
	2,0	0,79	20488	12349,78	8138,22	66,7	15625,04
	2,5	0,82	21268	12665,56	8602,44	68,8	15476,73
	3,0	0,76	19708	12964,16	6743,84	53,7	17033,97

